

P. Delver

*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen*

## Onderzoek over de stand van aardbeien in Kennemerland

with a summary:

Investigation on differences in vigour of strawberries in  
Kennemerland



*1965 Centrum voor landbouwpublikaties en landbouwdocumentatie*

*Wageningen*

© Centrum voor Landbouwpublicaties en Landbouwdocumentatie, Wageningen, 1965

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced and/or published in any form, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

# Inhoud

1 INLEIDING . . . . .	3
2 BESCHRIJVING VAN HET GEBIED . . . . .	5
2.1 Overzicht van de aardbeienteelt . . . . .	5
2.2 Bodemkundige toestand . . . . .	6
2.3 Hydrologische toestand . . . . .	8
3 METHODE VAN ONDERZOEK . . . . .	12
4 WAARNEMINGEN . . . . .	15
5 SCHATTINGEN OVER DE HYDROLOGISCHE TOESTAND . . . . .	29
6 RESULTATEN VAN DE ANALYSE DER WAARGENOMEN EN GESCHATTE FACTOREN	33
6.1 Inleiding . . . . .	33
6.2 Invloed van <i>Verticillium</i> . . . . .	34
6.3 Invloed van zwart wortelrot . . . . .	40
6.4 Grondontsmetting met formaline . . . . .	41
6.5 Invloed van het grondwater op niet bevoeide percelen . . . . .	45
6.6 Bevoeide percelen . . . . .	63
6.7 Invloed van het grondwater op het effect van de grondontsmetting . . . . .	66
6.8 Zuurgraad van de grond . . . . .	70
6.9 Fosfaattoestand van de grond . . . . .	76
6.10 Overige bodemvruchtbaarheidsfactoren . . . . .	85
SAMENVATTING . . . . .	89
SUMMARY . . . . .	92
LITERATUUR . . . . .	95
GLOSSARY FOR FIGURES . . . . .	98

## 1 Inleiding

De teelt van aardbeien heeft tot voor kort een belangrijke plaats in de tuinbouw in Kennemerland ingenomen. Hoewel het produktieniveau naar verhouding redelijk hoog ligt, hebben opbrengstverschillen hier steeds een belangrijke invloed op de financiële uitkomst van deze teelt gehad.

Het gebied ondervond reeds lang de gevolgen van verdroging. Veelvuldige klachten over mislukte gewassen zijn reeds in 1942 voor VISSER (48) aanleiding geweest tot het uitvoeren van een uitgebreid agrohydrologisch onderzoek met het doel nader inzicht te verschaffen over de achtergronden van de verdrogingsverschijnselen bij aardbeien. In 1949 is men in Beverwijk en Heemskerk begonnen de grond te bevoeien door middel van pompinstallaties. Uiteraard zijn vooral de bedrijven die het meest met verdroging te kampen hadden, het eerst hiermee begonnen. Deze maatregel bleek een dusdanig gunstig effect te hebben, dat sedertdien het gebruik van pompen zeer sterk is toegenomen. In de laatste jaren is men, mede met het oog op de nachtvorstbestrijding en de vochtvoorziening in de vele rolkassen, vooral overgeschakeld op beregening.

Er is sedert het onderzoek van VISSER zeer veel in dit gebied veranderd en verbeterd. In 1942 moest deze auteur nog constateren dat in Kennemerland door het veelvuldig voorkomen van virusziekten haast geen volkomen gezonde aardbeigewassen werden aangetroffen en dat de gevoeligheid voor droogte hiermee samenhang. Door het voortkweken uit gezond plantmateriaal hebben virusziekten echter reeds lang sterk aan betekenis ingeboet. Ook de grondontsmetting tegen enkele andere ziekten, o.a. *Verticillium* en aaltjes, heeft veel bijgedragen tot verhoging van het produktieniveau. Een vergelijking met andere aardbeicentra leert, dat in Kennemerland hoge opbrengsten worden behaald. De gemiddelde produktie bedroeg hier in 1955 ongeveer 110 kg per are, een peil dat in die tijd gunstig afstak tegenover sommige andere gebieden. Dat produktievere rassen hierbij een rol hebben gespeeld, kan niet worden ontkend.

Ondanks teeltverbeteringen en risicoverminderende maatregelen bleven echter verschillen in opbrengsten een grote rol spelen. Daarom werd in 1955 besloten door middel van een proefplekkenonderzoek van beperkte omvang in het tuinbouwcentrum Beverwijk-Heemskerk te trachten, een indruk te krijgen van de oorzaken van deze produktieverschillen. In het jaar van onderzoek konden van akker tot akker gaande nog duidelijke verschillen in stand worden aangetroffen. Een variatie in de opbrengsten van 60 tot 150 kg per are wees erop, dat nog diverse omstandigheden een nadelige invloed op het gewas uitoefenden.

Als proefgewas werd het tot voor enkele jaren nog zeer belangrijke ras Oberschlesiën-

plaatselijk ook bekend onder de naam Moulin Rouge – gekozen. De produktiviteit werd geschat aan de hand van standcijfers. De bewerking van de vele gegevens uit dit onderzoek moest door onvoorziene omstandigheden enkele jaren worden onderbroken, zodat de resultaten eerst thans kunnen worden gepubliceerd. Een dergelijke taak lijkt weinig zinvol, nu inmiddels zo veel is veranderd. Bij de dynamische ontwikkeling in de tuinbouw in Kennemerland is de teelt van aardbeien in de volle grond de laatste jaren sterk ingekrompen en nog slechts van beperkte betekenis. Niettemin rechtvaardigt de algemene strekking van enkele der verkregen inzichten deze publicatie, die tevens als een momentopname van de aardbeiencultuur in Kennemerland – anno 1955 – moet worden gezien.

De uitvoering van de statistische toetsing van een deel van het materiaal door ir. J. VAN DER BOON (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid) en ir. D. C. POST (destijds Centrum voor Landbouwwiskunde, onderafdeling Statistische Techniek voor de Tuinbouw) wordt hier met erkentelijkheid gememoreerd. Veel dank zijn wij ook verschuldigd aan personeel van de Rijkstuinbouwvoorlichtingsdienst te Amsterdam voor hulp bij de veldwaarnemingen en aan Mej. J. STAAL, destijds analyste bij het Proefstation voor de Groenteteelt in de volle grond te Alkmaar, voor het uitvoeren van de vele chemische analyses.

## 2 Beschrijving van het gebied

### 2.1 Overzicht van de aardbeienteelt

Een korte schets van ontwikkeling van de tuinbouw en van de aardbeienteelt in de laatste jaren moge hier ter verduidelijking worden gegeven.

In het jaar van onderzoek bedroeg de oppervlakte tuinbouw in het onderzochte gebied van de gemeenten Beverwijk en Heemskerk ongeveer 600 ha; hiervan werd ca. 150 ha met aardbeien beteeld. Door stadsuitbreiding aan de noordkant van Beverwijk ging inmiddels een deel van het areaal verloren zodat thans nog ca. 500 ha tuinbouw wordt gevonden. De oppervlakte aardbeien is vrijwel tot de helft ingekrompen. Deze achteruitgang was reeds in 1955 te bespeuren.

Tegelijkertijd vond een verschuiving in de richting van staand glas, de bloembollen- en bloementeel plaats. Deze ontwikkeling, gezien tegen de achtergrond van personeelsgebrek, betekende de nekslag voor de aardbeicultuur. Deze teelt immers, is zeer arbeidsintensief in de maanden maart-juni, een periode waarin ook bij de bovengenoemde teelten en bij rolkassen arbeidstoppen vallen. De moeilijkheden met de personeelsvoorziening zijn vooral ook ontstaan door de zuigkracht van nabijgelegen, zich uitbreidende industriën.

Hoewel in de laatste jaren de toepassing van chemische onkruidbestrijding nog enige verlichting in de arbeidsbehoefte bij de aardbeicultuur geeft, wordt een nog verdere teruggang van dit gewas verwacht. Enkele vollegrondsgroenten zijn meer op de voorgrond gekomen. Zo is de oppervlakte aan sla, spinazie en vooral bospeen toegenomen. Ook de bouw van kassen, merendeels verroolbaar, heeft het gebied een ander aanzien gegeven. In 1961 bevonden zich hier ca. 200 kassen met een oppervlakte van 8 ha.

Daar de gezondheidstoestand van een aardbeigewas een belangrijke factor is bij de reactie op ongunstige groeiomstandigheden zoals droogte, werd bij de rassenkeuze in Kennemerland steeds gezocht naar sterke rassen die weinig gevoelig zijn voor ziekten als *Verticillium* en wortelaaltjes. Zo heeft het rassensortiment ook sedert ons onderzoek sterke veranderingen ondergaan. In 1955 werd voor 50% Oberschlesiën geteeld. Daarnaast was Climax een belangrijk ras. Doordat men steeds meer moeilijkheden met ziekten ('june yellow' = voorjaarsbont) en daarbij met droogtegevoeligheid ondervond, verdween dit ras grotendeels en nam Oberschlesiën nog meer in betekenis toe. In 1959 besloeg dit ras zelfs ca. 80% van het aardbeiareaal. Sedert enkele jaren is echter ook Oberschlesiën weer sterk verdrongen, vooral door het nieuwe ras Talisman, dat in 1961 bv. reeds 50% van het areaal besloeg. In dat jaar werd nog slechts 35% door Oberschlesiën ingenomen.

Momenteel komen nog enkele andere rassen op kleinere schaal voor, zoals Redgauntlet, Senga-Sengana en Gorella. Een voordeel van de tegenwoordig gebruikte rassen is, dat ze veel vroeger een ruime hoeveelheid plantmateriaal leveren. Wanneer men over een regeninstallatie beschikt kan men dan zomerplanting toepassen. Voorheen was voorjaarsplanting algemeen in dit gebied. De recente ervaring o.a. met Talisman heeft geleerd dat men bij zomerplanting reeds het volgende jaar een flinke oogst kan verwachten, terwijl een voortelt vóór het planten van de aardbeien kan plaats vinden. Zomerplanting wordt thans, dank zij de toepassing van beregening vrij algemeen toegepast.

Bij de grondontmetting, die in 1955 nog uitsluitend met formaline werd uitgevoerd, worden thans ook andere middelen toegepast, o.a. die welke natrium-N-methyldithiocarbamaat, chloorpicrine of DD bevatten. Deze hebben een vollediger aaltjesdodende werking, wat o.a. bij het voor zwart wortelrot gevoelige ras Talisman een voordeel is.

Reeds eerder werd opgemerkt dat kunstmatige watervoorziening met pompinstallaties vanaf 1949 in zwang is gekomen. Daarbij werd aanvankelijk uitsluitend greppelbevloeiing toegepast. In 1955 werd ongeveer 30% van het gebied bevloed. Inmiddels is het aantal bronnen vrijwel verdubbeld, zodat nu ongeveer 60% van het areaal, zij het vaak door middel van kleinere installaties, over een eigen watervoorziening beschikt. Het merendeel van de pompen sluit thans aan op beregeningsinstallaties. Beregening wordt thans niet uitsluitend meer op de droogtegevoelige gronden toegepast, maar ook wel daar waar de natuurlijke hydrologische situatie vrij gunstig is. Zo geeft beregening tegen schade door nachtvorst (o.a. bij de teelt van aardbeien en lelies) een grotere bedrijfszekerheid. Voorts is gebleken, dat beregening van min of meer zieke gewassen effectiever is dan de periodieke verhoging van het grondwaterpeil die door bevloeiing wordt bereikt.

Door het sedert 1959 inpompen van water in de duinen door de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland en de regelmatige eigen kunstmatige watervoorziening is thans ook een einde gekomen aan de sterke daling van het grondwater in de zomer. Vrijwel nergens daalt het peil thans dieper dan 120 cm-mv en extreme gevallen van verdroging behoren tot het verleden.

## 2.2 Bodemkundige toestand

Wij laten hier een korte beschrijving van de bodemkundige en in 2.3 van de hydrologische toestand volgen. Voor een gedetailleerd beeld van het gebied zij verwezen naar de eerder vermelde studie van VISSER en naar die van DE ROO (40).

Het grootste deel van de tuinderijen ligt op geestgronden. Dit zijn humusarme, matig grofkorrelige zandgronden. De korrelgrootte ligt overwegend tussen 100 en 300  $\mu$ . De profielopbouw is tamelijk uniform. Het gehalte aan afslibbare delen is zeer laag, zodat de doorlatendheid groot is.

In geologische zin behoren geestgronden tot het oude duinlandschap, waarvan het

ontstaan veel vroeger wordt gesteld dan dat van het jonge duinlandschap (de duinen). De strandwallen van het oude duinlandschap, waarop de geestgronden liggen, zijn in de loop der eeuwen door winderosie afgevlakt en vertonen nog slechts zwakke golfingen. Vanaf de voet van de duinen helt het landschap van ongeveer 5 tot 0,5 meter + N.A.P. in het oosten, bij de overgang naar het achterliggende poldergebied. Daardoor is de ligging van de tuinbouwbedrijven ten opzichte van het grondwater niet overal gelijk.

Geestgronden zijn vrijwel geheel ontkalkt. De ontkalking is vermoedelijk vooral veroorzaakt door de vroegere begroeiing met eikenhakhout. Afzanding van hoge strandwalgronden zoals in de bloembollenstreek tussen Haarlem en Leiden geschiedde heeft hier vrijwel niet plaats gevonden. Op de grens naar het jonge duinlandschap komen tuinderijen voor op kalkhoudende zandgronden. Gedeeltelijk zijn dit met jong duinzand overstoven geestgronden, gedeeltelijk liggend de percelen hier reeds op tot flinke diepte kalkhoudend duinzand. Daar geestgronden geen kalkvoorraad en ook weinig bufferend vermogen bezitten, komen mede door toegepaste bekalkingen, grote variaties in de zuurgraad voor. Zodra het  $\text{CaCO}_3$ -gehalte boven 0,3% ligt is ook de pH hoog. Een indruk van de gemiddelde situatie geeft figuur 1, die betrekking heeft op de bij ons onderzoek betrokken proefplekken. Men kan deze puntenzwerf ruwweg in-

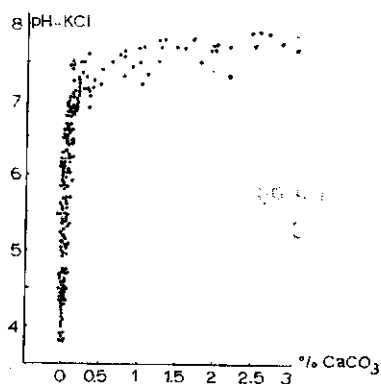


Fig. 1. Het verband tussen de zuurgraad en het koolzure kalkgehalte van aardbeigronden in Kennemerland

Fig. 1. The relationship between pH and the lime-content in sandy strawberry soils in Kennemerland. pH determined in a soil suspension in 1n. KCL

delen in een horizontaal gerangschikte groep die overwegend de meest westelijk gelegen, met jong duinzand overstoven gronden omvat, en de verticaal gerangschikte groep van punten die de eigenlijke geestgronden omvat. De vele lage pH's wijzen erop dat bekalken een belangrijke maatregel moet zijn. DELVER en STRUYS (16) toonden aan dat groenten en bloembollen hier over het algemeen zeer gunstig op bekalking zullen reageren, aardbeien echter niet. Dat er ondanks het succes waarmee de Tuinbouwvoorlichtingsdienst hier adviezen voor bekalking verstrekte, toch kennelijk nog zoveel percelen voorkomen met voor groenteteelt veel te lage pH's moet ongetwijfeld aan de vanouds zo belangrijke aardbeienteelt worden geweten, die bij lage pH's niet spoedig moeilijkheden ondervindt.



Het humusgehalte in deze gronden is laag en vertoont weinig variatie. Dooreengenomen ligt dit tussen 1 en 2,5 %. Enkele percelen hebben lagere of iets hogere humusgehalten. Het laatste treft men aan op laag ten opzichte van het grondwater gelegen percelen, waar de vertering van organische stof minder snel verloopt en op enkele bedrijven waar zware stalmestgiftten worden toegepast. Gehalten boven 3-4 % komen echter vrijwel niet voor. Naast de snelle vertering van organische stof heeft ook het diepspitten, wat in verband met de bloembollenteelt nogal eens heeft plaats gevonden, het ontstaan van hoge humusgehalten verhinderd.

Zeer plaatselijk en bij uitzondering bevat het zand nog iets slib, wat enige afname van de grote doorlatendheid ten gevolge heeft. De praktijk spreekt dan van 'opdrachtige' grond.

Uit het oogpunt van voedingstoestand zijn geestgronden door het lage gehalte aan afslibbare delen en organische stof, arm te noemen. Oplosbare meststoffen spoelen gemakkelijk uit. Het geregelde gebruik van organische mest, voornamelijk verteerde stalmest naar gemiddeld 80 ton per ha per jaar, is noodzakelijk voor het bereiken van goede resultaten.

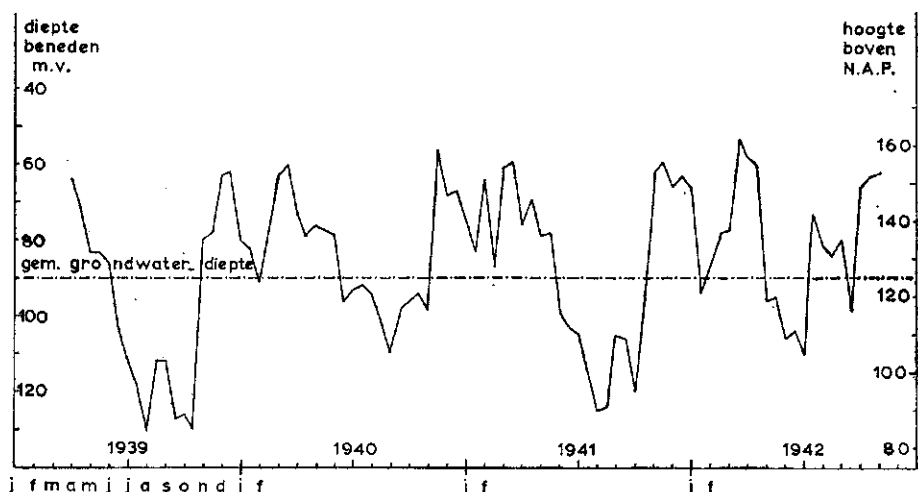
Langs de voet van de duinen treft men in een strook van enkele honderden meters breedte, min of meer roodgekleurde gronden aan. Het uitvlokken van ijzerverbindingen staat in verband met het aan de oppervlakte treden van drangwater uit de duinen. Dat de roodbruine kleur hier vaak tot in de bouwvoor te merken is, hangt mede samen met de lage ligging ten opzichte van het grondwater.

### 2.3 Hydrologische toestand

De natuurlijke waterhuishouding van het tuinbouwgebied bij Beverwijk en Heemskerk is gecompliceerd en wordt gekenmerkt door over het jaar gerekend sterk wisselende grondwaterstanden en een ongelijke ligging ten opzichte van het gemiddelde grondwaterpeil. Hierdoor zijn voor de tuinbouw in het algemeen en voor de aardbeienteelt in het bijzonder, grote moeilijkheden ontstaan die reeds lang de aandacht trokken en o.a. aanleiding zijn geweest tot de reeds genoemde studie van VISSER (48). Het gebied ontvangt drangwater uit de westelijke duinen en is voor de afwatering naar de achterliggende polders o.a. aangewezen op een slecht functionerend stelsel van ondiepe sloten. De slechte afwatering heeft er toe medegewerkt dat het grondwater in de loop van het jaar sterke fluctuaties vertoont onder invloed van regenval en verdamping. In de wintermaanden staat het water vaak zeer hoog, in het droge voorjaar en in de zomer daalt dit tot een aanzienlijk lager niveau. Vooral in de periode voordat bevoeiing op grote schaal in zwang begon te komen, waren grondwaterstanden in de zomer van 1.50 meter-mv en lager geen uitzondering. De effectieve capillaire opstijging in deze zandgronden bedraagt slechts enkele dm, zodat de vochtvoorziening van de gewassen al spoedig niet meer op het grondwater kan steunen. Omdat het waterbergend vermogen bovendien zeer gering is treedt schade door verdroging spoedig op. Vanaf de nazomer, ongeveer in september, stijgt het grondwater weer

aanzienlijk. Een beeld van de gemiddelde situatie zoals die in 1939-1942 bestond geeft figuur 2.

*Fig. 2. Verloop van de gemiddelde grondwaterstand van 50 putten in het gebied Beverwijk-Heemskerk. Naar VISSER (48)*



*Fig. 2. Fluctuations (in cm) of the groundwater level during 1939-1942 as an average of 50 wells in the Beverwijk-Heemskerk area. After VISSER (48)*

In de laatste tientallen jaren zijn steeds dieper dalende grondwaterstanden en ernstiger wordende droogteverschijnselen geconstateerd. Percelen die vroeger te dras waren kregen een betere waterhuishouding. Op percelen, die vroeger nooit moeilijkheden opleverden, trad steeds vaker verdroging op. De oorzaak hiervan is een grote strijdvrage geweest. De tuinbouw zag belangrijke factoren in het toegenomen waterverbruik door nabij gelegen industrieën en in de intensieve diepwaterwinning voor drinkwater. Enkele andere omstandigheden, waaronder de verbeterde ontwatering van het achterliggende poldergebied en de diepe ingraving voor het Noordzeekanaal, hebben echter eveneens tot de daling van het grondwaterpeil mede gewerkt.

VISSER heeft het verschillende gedrag van het grondwater vastgelegd in een waterhuishoudkundige kartering. Hij maakte hierbij gebruik van een groot aantal metingen in peilbuizen en welputten van de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland. Door de jaarschommeling van het grondwater ter plaatse (het verschil tussen diepste zomer- en hoogste winterwaterstand) uit te drukken in een relatieve maat, kon voor het gebied een relatieve grondwaterstandskaat (rgs-kaart) worden samengesteld. Onder de rgs-maat van een bepaalde plek wordt de jaarschommeling van het grondwater ten opzichte van de gemiddelde schommeling van het gehele gebied verstaan. De gemiddelde schommeling wordt op 1,00 gesteld. De op de kaart (figuur 3) aangegeven lijnen van gelijke relatieve schommeling van het grondwater laten zien, dat in dit gebied een

variatie van 0,8 tot 1,2 rgs voorkomt. Plaatselijke afwijkingen van deze gemiddelde situatie zijn hierbij glad gestreken.

Fig. 3. De hydrologische toestand in het tuinbouwgebied Beverwijk-Heemskerk, vastgelegd in lijnen van gelijke relatieve schommeling van de grondwaterstand (rgs) en in lijnen van gelijke gemiddelde diepte van het grondwater in meters beneden maaiveld. Naar VISSER (49)

--- rgs. lijn

— lijn van gelijke gemiddelde diepte van het grondwater

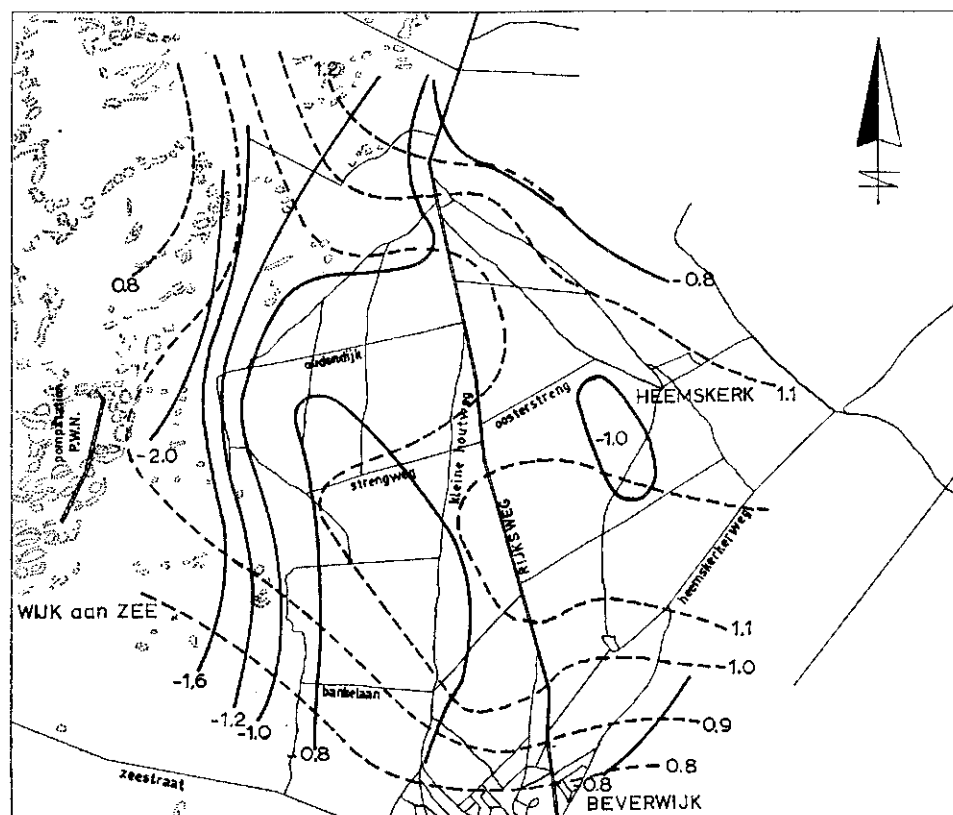


Fig. 3. The hydrological situation in the horticultural area Beverwijk-Heemskerk, represented by lines of equal relative fluctuation of the water table between winter and summer (---) and by lines of equal average groundwater depth (—). After VISSER (49)

Uit waarnemingen op een achttal proefvelden concludeerde VISSER, dat de ontwikkeling van de aardbei sterk door de mate van schommeling van het grondwater wordt beheerst. Een sterke schommeling ging samen met slecht ontwikkelde gewassen. Aan de hoogteligging boven het gemiddelde niveau van het grondwater werd hierbij vrijwel geen betekenis toegekend.

De invloed van de grondwaterschommeling is vooral merkbaar bij aardbeien. Dit

hangt waarschijnlijk mede samen met de periodiciteit in de wortelgroei van dit meerjarige gewas. GOEDEWAAGEN (20) die de beworteling van aardbeien in bakken met o.a. duinzand bij verschillende grondwaterstanden bestudeerde, nam waar dat de wortels in het voorjaar vrijwel geen dieptegroei vertonen en dus niet achter dalend grondwater aan kunnen groeien. Pas na de oogst treedt hernieuwde dieptegroei op. In de doorgaans droge voorjaarsmaanden zal de vochtvoorziening op weinig vochthoudende zandgronden dus sterk afhangen van de mogelijkheid van vochtonttrekking uit het grondwater. Wij komen hierop nog uitvoerig terug. De inzichten van VISSER over het gedrag van het grondwater en de reactie van de aardbei hierop, en van GOEDEWAAGEN over de beworteling van de aardbei hebben een belangrijke steun bij de bestudering van ons waarnemingsmateriaal betekend.

### 3 Methode van onderzoek

Bij de methode van onderzoek door middel van proefplekken waarbij geen ingreep wordt toegepast, wordt van een gewas de opbrengst of, zoals in ons geval, de stand op een groot aantal plaatsen in een teeltgebied vastgesteld. Tegelijkertijd wordt de toestand van een aantal groeifactoren, waarvan een invloed op het gewas wordt verondersteld, waargenomen. Door bestudering van de samenhangen tussen het gewas en de verschillende groeifactoren wordt nagegaan welke van de waargenomen factoren invloed uitoefent op de ontwikkeling van het gewas en tevens in welke mate deze invloed zich doet gelden. Aan de statistische toetsing van de gevonden samenhangen worden hoge eisen gesteld. De bewerking van de gegevens, de polyfactoranalyse, is vrij moeilijk.

De denkwijze bij deze vorm van onderzoek werd in ons land voor het eerst door VISSER ontwikkeld. FERRARI (18) paste de methode in een diepgaand onderzoek toe en gaf later in een vergelijking met 'proeven met ingreep' een kritische beschouwing over de vóór- en nadelen(19).

Het kenmerkende van onderzoek met proefplekken is, dat de werking van de onderscheiden groeifactoren wordt onderzocht door middel van de variatie in deze factoren, zoals die in het desbetreffende gebied aanwezig is. Sommige factoren die op proefvelden zeer moeilijk kunnen worden gevarieerd- zoals het gecompliceerde gedrag van grondwaterstanden of toestanden die het gevolg zijn van landbouwkundige handelingen op lange termijn- kunnen daardoor in een proefplekkenonderzoek worden betrokken. Wordt het onderzoek voldoende breed opgezet, waarbij de van belang zijnde factoren worden onderkend en waarbij ten aanzien van de keuze van de proefplekken bepaalde maatstaven worden aangelegd, dan slaagt men erin, de invloed van de belangrijkste groeifactoren en de interacties tussen de factoren onderling, voldoende nauwkeurig te analyseren en te interpreteren. Daarbij kan herhaling van het onderzoek in verschillende jaren in verband met weersinvloeden wenselijk zijn. De resultaten kunnen dan representatief worden geacht voor het gehele onderzochte gebied. Bij onderzoek op proefvelden, waarbij men zich veelal moet beperken tot handelingen die in de praktijk van de landbouw gemakkelijk kunnen worden gevarieerd, is men veelal gedwongen de proef een aantal malen onder gewijzigde omstandigheden te herhalen, wil men de geldigheid van een conclusie kunnen generaliseren.

Tegenover de genoemde voordelen, aan onderzoek met proefplekken verbonden, staan enkele grote nadelen. Een bezwaar bij de bewerking van de gegevens vormen de sterke correlaties die tussen al of niet waargenomen factoren kunnen optreden. Het risico bestaat dan dat men uit een samenhang concludeert dat er een directe invloed van de desbetreffende factor op het gewas bestaat, zonder dat van een oorzakelijk

verband sprake is. Zo kan een samenhang tussen het gewas en het humusgehalte op zandgronden bv. berusten op de invloed van humus op het vochthoudend vermogen van de grond of op de levering van voedingsstoffen; het kan ook zijn dat men hiermee een samenhang met hydrologisch verschillende situaties (grondwaterstanden) op het spoor is. Bij kleigronden gaat verandering van het percentage afslibbare delen samen met verandering van een reeks van hiermee gecorreleerde factoren: gehalten aan voedingsstoffen, vochtleverend vermogen, structuur en luchtvoorziening, bewortelbaarheid enz. enz. In feite vormen dergelijke correlaties een bron van veelvuldige twijfel omtrent de waarde en toepasbaarheid van onderzoek met proefplekken.

Een andere omstandigheid is, dat de invloed van een factor afhankelijk kan zijn van de toestand van andere factoren (interactie). Men moet de werking dan tevens nagaan bij verschillende toestanden van andere factoren. Zo is magnesiumgebrek behalve van het magnesiumgehalte, mede afhankelijk van de kali- en vochttoestand van de grond.

De genoemde moeilijkheden brengen met zich mede dat aan de keuze van de proefplekken bepaalde eisen moeten worden gesteld. De toestanden van de naar verwachting belangrijke groeifactoren moeten een groot traject omvatten en daarover regelmatig zijn verspreid. Tevens dienen binnen een bepaald (nauw) traject van waarden van een factor andere factoren voldoende zijn gevarieerd. Alleen bij een dergelijke opzet slaagt men erin de correlaties tussen groeifactoren te doorbreken en interacties op te sporen.

Vaak blijkt dat aan deze eisen niet in voldoende mate tegemoet kan worden gekomen. Bij een hoog ontwikkelde vorm van landbouw- en dit geldt vermoedelijk in nog sterkere mate voor de tuinbouw-, komen de gezochte extreem lage toestanden van groeifactoren zeer weinig voor of zijn slechts door een omvangrijk vóóronderzoek op te sporen. In de tuinbouw zijn de factoren die het gewas beïnvloeden, mede door de vele teelthandelingen, bovendien zeer talrijk. Men zou daardoor voor een goede keuze van proefplekken al spoedig tot zeer grote en vaak niet bereikbare aantallen komen.

Van een dergelijke keuze is bij ons onderzoek geen sprake geweest. De tweehonderd bezochte percelen lagen regelmatig over het gebied verspreid en waren behalve ten aanzien van het ras, niet systematisch uitgezocht. Zij geven daardoor wel een beeld van de gemiddelde toestand in 1955. Extreme waarden van factoren kwamen dus in het materiaal voor in dezelfde mate waarin ze in 1955 ook in de praktijk voorkwamen.

Opgemerkt moet worden, dat het uitzoeken van proefplekken onder de toen heersende omstandigheden niet goed mogelijk zou zijn geweest. Zo was het onderzoek aanvankelijk niet ingesteld op bestudering van het achteraf zo belangrijk gebleken gedrag van het grondwater, omdat gemeend werd dat voldoende op het reeds door VISSER (47, 48, 49) verrichte onderzoek kon worden gesteund. Bovendien ontbrak het voor het uitzoeken van extreme waterhuishoudkundige situaties noodzakelijke inzicht. De waarnemingen over het grondwater waren daardoor zeer beperkt. Ook bewortelingsonderzoek, noodzakelijk voor de bevestiging van de in dit rapport ontwikkelde gedachtengang over de samenhang tussen gewas en grondwater, zou moeilijk uitvoerbaar zijn geweest. Achteraf valt dit te betreuren omdat aanwijzingen werden verkregen, dat de door VISSER gegeven zienswijze over de invloed van het grondwater waarschijnlijk aanvulling behoeft. Wat het voorkomen van extreme waterhuishoud-

kundige situaties betreft moet overigens nog worden opgemerkt, dat enerzijds water-overlast op dicht boven het grondwater gelegen percelen al jarenlang werd tegengegaan door een stelsel van ondiepe sloten. Droogte op de hoger gelegen percelen werd anderzijds reeds op grote schaal bestreden met greppelbevloeiing.

Ook ten aanzien van enkele andere factoren zou het moeilijk zijn geweest extreme toestanden op te sporen. Zo bleken vrijwel alle akkers met de bodemschimmel *Verticillium* te zijn besmet en kon geen onderscheid naar de besmettingsgraad van de grond worden gemaakt. Ook lage voedingstoestanden van de grond konden in een dergelijk oud tuinbouwgebied, waar regelmatig met stalmest wordt gemest, nauwelijks worden verwacht. Bestudering van het effect van grondontsmetting met formaline maakte aanvullend onderzoek op proefvelden wenselijk.

Door de beperkingen bij de opzet kon een nauwkeurige statistische analyse van het materiaal niet goed worden uitgevoerd en konden interacties veelal niet duidelijk worden aangetoond. Daardoor moest de bestudering van het materiaal soms uitlopen op beschouwingen over vermoedelijke samenhangen, die soms wel landbouwkundig aanvaard, maar niet bewezen konden worden. Doordat het onderzoek op één jaar betrekking had, moesten de o.i. belangrijke interacties met weersfactoren buiten beschouwing blijven.

Door de ook sedert ons onderzoek nog sterk uitgebreide eigen watervoorziening leent het gebied zich thans nauwelijks meer voor een onderzoek naar de invloed van natuurlijke hydrologische verschillen.

## 4 Waarnemingen

In de zomer van 1955 werden 200 aardbeiakkers in het toenmaals 600 ha grote tuinbouwgebied van Beverwijk en Heemskerk bezocht. Het proefras was Oberschlesiën. Het staat in deze streek ook bekend onder naam Moulin Rouge.

In verband met het, met de tijd veranderende uiterlijk van het gewas en van bepaalde ziektebeelden, en met het oog op veranderingen in grondwaterstanden, was het gewenst de veldwaarnemingen in een zo kort mogelijke periode te verrichten. Met het oog op het grote aantal proefplekken moesten de waarnemingen aan het gewas beperkt blijven tot visuele schattingen. Daardoor kon aan bepaalde aspecten van het onderzoek geen volledige aandacht worden geschonken. Zo lag het aanvankelijk, gezien ook de reeds verrichte agrohydrologische studie van VISSER, niet in de bedoeling de invloed van de waterhuishouding centraal te stellen. Achteraf bleek dat hierover, ook met het oog op de bestudering van interacties met andere factoren, meer exacte gegevens hadden moeten worden verzameld. Een uitbreiding van het onderzoek, bv. door het verzamelen van metingen betreffende grondwaterfluctuaties en de hoogteligging boven het gemiddelde grondwaterpeil, zou echter onder de toenmalige omstandigheden voor 200 plekken zeer moeilijk uitvoerbaar zijn geweest.

De opnamen werden verricht op de data 14, 19, 20, 21, 26, 27, 29 juli en 3 augustus 1955.

De volgende gegevens werden verzameld<sup>1)</sup>:

1. De ligging van het perceel en de naam van de eigenaar.
2. De ouderdom van het gewas.
3. De stand van het gewas, uitgedrukt in cijfers van 4 tot 8.
4. De mate van voorkomen van *Verticillium*symptomen, uitgedrukt in een cijfer.
5. De mate van voorkomen van zwart-wortelrotsymptomen ('kanker').
6. De eventuele ontsmetting van het perceel met formaline tegen bodemziekten, vnl. *Verticillium*.
7. Het voorkomen van virusziekten.

<sup>1)</sup> Bij de waarnemingen te velde werd de zeer gewaardeerde en kundige medewerking ondervonden van personeel van Ir. G. W. VAN DER HELM, Rijkstuinbouwconsulent te Amsterdam, en wel van de heren J. C. MUYEN, hoofdassistent A, W. H. HOUTWIPPER en J. J. BEENTJES, beiden assistent A en A. TH. JANSEN, destijds assistent. Discussies met J. C. MUYEN hebben vooral bijgedragen tot verdieping van de inzichten in de aardbeicultuur. Aan allen ben ik veel dank verschuldigd.



8. Het aangeven van pleksgewijze verschillen in stand binnen de beoordeelde oppervlakte en de vermelding van de vermeende oorzaak der plekkerigheid.
9. Opmerkingen over de onkruidflora voor zover deze op bepaalde bodemtoestanden konden wijzen.
- 10 Een korte beschrijving van het bodemprofiel met een schatting van het humusgehalte.
11. De grondwaterstand op de dag van waarneming en vermelding of deze onder invloed stond van een recente bevoeïing.
12. Vermelding van de mogelijkheid tot bevoeïen.
13. Een grondmonster tot 25 cm diepte werd genomen.

Aangezien binnen een perceel aardbeien dikwijls nog duidelijke standverschillen voorkwamen, werd doorgaans slechts een oppervlakte van 1 are beoordeeld. Het gebied werd in verschillende richtingen doorkruist. De proefplekken werden niet volgens een bepaald systeem uitgekozen, zodat bepaalde toestanden van groeifactoren in ons materiaal voorkomen in de mate waarin dit ook in de praktijk het geval was. In het navolgende geven wij een nadere toelichting over de omstandigheden waaronder en de wijze waarop de gegevens werden verzameld.

*Ligging van het perceel.* Het gebied werd zodanig doorkruist, dat zoveel mogelijk verschillende grondgebruikers in alle delen van het tuinbouwgebied konden worden bezocht. Hierdoor werd bereikt dat de waarnemingen de gemiddelde toestand in deze streek vrij goed weergeven. De beoordeelde akkers behoorden aan ruim 170 tuinders. Per tuinder werd dus meestal slechts 1 perceel beoordeeld. De ligging van de proefplekken werd op een kaart aangegeven.

*Ouderdom van het gewas.* In Kennemerland werd in 1955 nog overwegend, en bij ons proefras uitsluitend voorjaarsplanting toegepast. In de laatste jaren is men vrijwel geheel tot zomerplanting overgegaan. De gewassen die in het voorjaar van 1955 waren geplant, werden buiten beschouwing gelaten. Aangetekend werd of het gewas voor het eerst gedragen had (1e jaars pluk) of ouder was (2e, 3e jaars pluk enz.). Het volgende overzicht geeft een indruk van de ouderdom van de beoordeelde percelen.

plukjaar	1	2	3	4	5	8
aantal proefplekken	65	110	16	7	1	1

Hieruit blijkt, dat Oberschlesiën meestal niet langer dan 2 plukjaren werd aangehouden. In enkele gevallen, bij een zeer goede stand, houdt men het gewas langer aan. Een vergelijking tussen de gemiddelde stand van één- en twee-jarige gewassen met oudere, geeft dus geen juiste indruk van de ouderdomsgeneratie. Uit het aantal twee-jarige gewassen zou men kunnen afleiden, dat in het voorjaar van 1953 naar verhouding meer Oberschlesiën moet zijn aangeplant dan in 1954. Mogelijk heeft bij de opname onbewust ook enigszins een selectie naar leeftijd plaats gevonden.

*Stand van het gewas.* De indruk over het gewas werd in een standcijfer vastgelegd. Hierin komt dus de *grootte* en de *hoeveelheid* van de bladeren tot uitdrukking. Hoewel een slechte stand meestal samenging met ziektesymptomen, werden deze symptomen als zodanig bij de standbeoordeling buiten beschouwing gelaten. De cijfers varieerden van 4 tot 8 en werden vrijwel uitsluitend door één persoon (J. C. MUYEN) vastgesteld. Hierbij traden de beide andere leden van de steeds uit 3 personen bestaande ploeg een enkele maal corrigerend op. De slechtste gewassen die in de praktijk werden aangetroffen, kwamen met een standcijfer van ca. 4 overeen. Lagere cijfers behoeften niet te worden toegekend, omdat bij een nog slechtere stand het gewas reeds was opgeruimd.

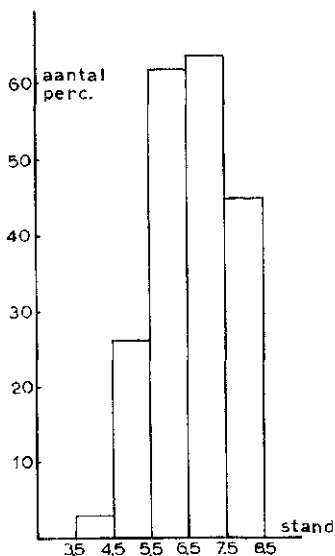


Fig. 4. Frequentieverdeling van de stand

Fig. 4. Frequency distribution of the vigour marks of the crop

In figuur 4 is een frequentieverdeling van de standcijfers weergegeven. De mate waarin extreem slechte gewassen in de praktijk tijdelijk voorkomen, komt hierin om bovengenoemde reden niet voldoende tot uitdrukking.

Opbrengstbepalingen konden bij dit onderzoek niet worden verricht. Hoewel opbrengsten de toestand van een gewas exacter lijken weer te geven dan standcijfers, kunnen nachtvorstschade en vruchtrot maken dat ook de veilbare oogst geen juiste indruk geeft van het producerend vermogen van een gewas. Deze bezwaren kleven niet aan standcijfers. Over het algemeen wordt bij aardbeien een redelijk nauw verband gevonden tussen standcijfers en opbrengsten. Bij hoge standcijfers kan een verschil echter een overdreven indruk geven van het verschil in producerend vermogen. Zeer bladrijke gewassen met hoge standcijfers geven door het grotere risico van vruchtrot en geringere vruchtbaarheid, niet altijd de hoogste opbrengsten. Een indruk over het verband tussen de door ons gebruikte aanduiding van de stand en het

produktieniveau krijgt men uit figuur 5, die ontleend werd aan gegevens van MUYEN (32)

Onafhankelijk van ons onderzoek werd door hem gedurende enkele jaren een aantal percelen met Oberschlesiën beoordeeld naar stand en produktie. Hierbij werd dezelfde waardering van de stand toegepast als bij ons onderzoek. De gegevens van 1954 zijn in figuur 5 buiten beschouwing gelaten omdat de in de pluktijd beginnende zomerregens in bladrijke gewassen toen veel vruchtot veroorzaakten. Dit kwam duidelijk tot uitdrukking in te lage opbrengsten bij gewassen met hoge standcijfers. Meer dan een indruk geeft figuur 5 niet. Het verband tussen stand en opbrengst kan van jaar tot jaar anders liggen, omdat verschillende niet direct in de stand tot uitdrukking komende factoren zoals neerslag voor en tijdens de pluk, het opbrengstniveau mede bepalen. Zo kan bij een standcijfer 4 de opbrengst bv. variëren van 40 tot 80 kg per are.

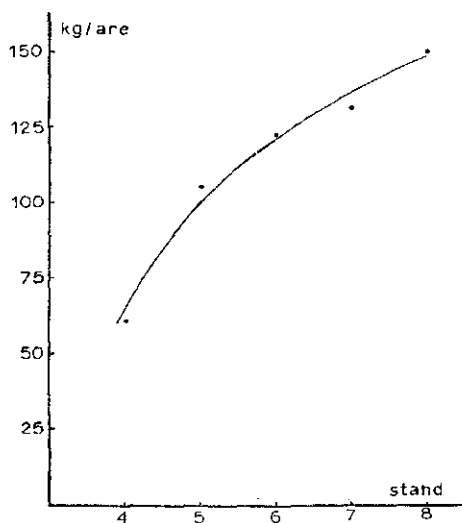


Fig. 5. Het verband tussen stand en opbrengst van het ras Oberschlesiën, gemiddeld over 1953 en 1955. Naar MUYEN (32)

Fig. 5. The relationship between the yield and crop vigour. According to MUYEN (32)

Figuur 5 demonstreert tevens dat een verschil in stand bij matig tot slechte gewassen met een veel groter verschil in opbrengst overeenkomt dan bij goede gewassen. Tussen gewassen met standcijfers van 4 en 5 bestaat er bv. een verschil in produktie van ongeveer 35 kg per are. Bij standcijfers van 7 en 8 bedraagt dit nog slechts ca. 13 kg per are.

*Aantasting door Verticillium.* In Kennemerland komen enkele bodemziekten voor, waartegen met wisselend succes grondontsmetting wordt toegepast. Tot de belangrijkste behoort de verwelkingsziekte veroorzaakt door een schimmel waarvan twee soorten bekend zijn: *Verticillium albo-atrum* REINKE en BERTHOLD en *V. dahliae* KLEBAHN. Symptomen van deze ziekte kwamen in het hiervoor zeer gevoelige ras Oberschlesiën

in 1955 veelvuldig voor. De in de grond overblijvende schimmel heeft vele waardplanten. Ze dringt voornamelijk door in de houtvaten, in het rhizoom en in de bladstelen en belemmert daardoor het interne vochttransport. Verwelking is hiervan het gevolg. De buitenste bladeren gaan slap hangen en verdorren ten slotte. De bladeren, speciaal de bladtanden, krijgen rode tinten. De binnenste bladeren, waarvan de stelen kort blijven, worden dof en geelachtig groen. Op de bladstelen, bloemstengels en uitlopers ontstaan donkerbruine ingezonken vlekken, die in een later stadium indrogen. Ook op de wortels ziet men bruine rotte plekken. Bij doorsnijden van het rhizoom blijken de houtvaten donker verkleurd, waarbij men met het blote oog donkere puntjes in de lichtgeel gekleurde vaatbundels kan onderscheiden (KLINKENBERG, zie KRONENBERG e.a. 27).

De ontwikkeling van *Verticillium* hangt kennelijk met de bodemtemperatuur samen. Bij warm weer kan de aantasting, vooral op lichte gronden, snel zichtbaar worden. Meestal ziet men de symptomen vanaf begin juli vrij plotseling optreden. De aantasting breidt zich haast epidemisch uit. In de periode waarin de proefplekken werden bezocht, werd volop en vaak in ernstige mate *Verticillium* aangetroffen. Het jaar 1955 was een duidelijk Verticilliumjaar.

Reeds bij de eerste waarnemingen bleek er een sterk verband te bestaan tussen de stand van het gewas en het voorkomen van ziektesymptomen. Daarom werd getracht de mate waarin deze zichtbaar waren, zo goed mogelijk in een cijfer vast te leggen. Hierbij betekende:

- 0 geen zichtbare symptomen
- 1 een lichte aantasting met enkele symptomen
- 2 een duidelijke aantasting
- 3 een zware aantasting
- 4 een zeer zware aantasting

Hoewel de aantasting zich in de waarnemingsperiode nog iets zou kunnen hebben uitgebreid, kregen wij de indruk dat de Verticilliumuitbarsting reeds vrijwel het hoogtepunt had bereikt en dat de mate waarin ziektesymptomen werden aangetroffen niet noemenswaard toenam tijdens de opname (14 juli – 3 augustus). Een berekening leerde dat er inderdaad geen verband bestond tussen de ziektesymptomen en de datum van beoordeling.

Bewust werd getracht de schatting van de ziektesymptomen onafhankelijk van de stand uit te voeren, zoals ook bij het vaststellen van standcijfers niet op ziektesymptomen werd gelet. De neiging bestaat nl. al gauw, bij een slechte stand de Verticilliumaantasting hoger te schatten. Stand en aantasting staan echter niet los van elkaar, omdat door een *Verticillium*-aantasting ook de ontwikkeling van de planten kan worden geremd. De indruk bestaat, dat gewassen die onder ongunstige omstandigheden (zoals een gestoorde vochtvoorziening) groeien, door *Verticillium* meer schade, ondervinden. Dit lijkt wel voor de hand te liggen, omdat de schimmel vooral het interne vochttransport belemmert.

De samenhang tussen Verticilliumsymptomen en groeiomstandigheden heeft bij de

bewerking van het materiaal moeilijkheden opgeleverd. Wij komen hierop nog uitvoerig terug.

*Aantasting door zwart wortelrot.* Een eveneens veel voorkomende ziekte, die in Kennemerland bekend werd onder de naam 'kanker', is het zwart wortelrot. Deze aantasting wordt veroorzaakt door vrij levende wortelaaltjes, vnl. *Pratylenchus penetrans* (COBB) SHER en ALLEN.

Karakteristiek zijn de plekken in het gewas waar de planten aanvankelijk achterblijven en tenslotte verdorren en te gronde gaan. Deze plekken, die men vooral in het 2e en 3e jaar ziet optreden, breiden zich met het ouder worden van het gewas verder uit. In het centrum sterven de planten af. Daar omheen ziet men een kring van kleine zieke planten. In het begin van de aantasting blijven de planten sterk achter in groei, de bladeren blijven klein en kortstelig en worden dof geelgroen. De interne waterhuishouding is ernstig gestoord, zodat ook bij deze ziekte verwelking kan optreden. Op de wortels ziet men donkerbruine rotte plekken. Na de aantasting treden secundaire schimmels op.

Dat de ziekte zich met het ouder worden van het gewas uitbreidt, bleek ook uit ons waarnemingsmateriaal: bij één-, twee- en drie-jarige gewassen werden zwart-wortelrotsymptomen aangetroffen in resp. 15, 36 en 56 % van de gevallen.

De sterke besmetting met aaltjes van vele percelen in Kennemerland is één van de voornaamste redenen geweest van het verdwijnen van het hier vroeger veel geteelde ras Jucunda.

Hoewel ons proefras Oberschlesiën minder gevoelig is voor aaltjes, kwamen zwart-wortelrotsymptomen toch nog op een aantal percelen voor. Aan de hand van de karakteristieke slechte plekken werd aangetekend of er sprake was van geen, een lichte, een matige of een zware aantasting. Van de 200 proefplekken waren er 36 licht, 17 matig en 8 zwaar aangetast. De indruk bestond dat het zichtbaar optreden van zwart wortelrot minder dan dat van *Verticillium*, met een zwaktetoestand van het gewas samenhangt.

*Ontsmetting van de grond met formaline.* Ten tijde van ons onderzoek werd tegen *Verticillium* veel grondontsmetting toegepast met formaline. Dit middel kan op zandgronden een goede ontsmetting geven. De aaltjesdodende werking van formaline is echter slechts matig. In verband met het optreden van zwart wortelrot is men daarom de laatste jaren meer overgegaan tot grondontsmetting met Na-N-methyldithiocarbamaat. Dit middel is zowel tegen *Verticillium* als tegen aaltjes effectief.

Bij de behandeling met formaline wordt minstens 6 weken voor het planten in het voorjaar, maar liefst nog vóór het invallen van de vorst, per are 20-30 liter handelsformaline, 3-6 keer met water verdund uitgegoten. De oplossing wordt daarna verder ingespoeld met ca. 150 liter water per are. Op sterk drogende grond giet men een dag later nog wel eens na met eenzelfde hoeveelheid water. Na ongeveer 4 weken wordt de grond losgemaakt om de formaline de gelegenheid te geven uit de grond te vervluchtigen. Wanneer bij het planten nl. nog resten formaline aanwezig zijn, kan het gewas

ernstig schade lijden. Bij een formaline-behandeling wordt doorgaans slechts de bovenste grondlaag van niet veel meer dan 10 cm goed ontsmet. Daaronder kan de schimmel dus nog aanwezig zijn, een omstandigheid die mede oorzaak is van het soms wisselende succes van deze ontsmetting. Zou men na het ontsmetten de grond nog op één of andere manier bewerken, bv. door het spitten van de paden of het inbrengen van organische mest, dan veroorzaakt men een herbesmetting door het bovenbrengen van ondergrond.

Het niet goed inspoelen van de formaline of te sterke inspoeling door zware regenval vlak na de behandeling kan eveneens tot een gedeeltelijke mislukking van de ontsmetting leiden. De indruk bestaat dat ook het stuiven van de grond in droge perioden een herbesmetting kan veroorzaken. Bij stuiven kunnen nl. grond- en stofdeeltjes van besmette akkers terechtkomen op ontsmette percelen. Beteugeling van het stuifgevaar lijkt dus ook in verband met het bovenstaande van belang.

In 1955 begon de grondbehandeling met formaline reeds meer en meer ingang te vinden. Er werd aangetekend op welke van onze proefplekken grondontsmetting was uitgevoerd. Dit bleek bij 68 percelen, dus bij 34 % van de proefplekken het geval te zijn geweest. Sedert ons onderzoek is de toepassing van formaline nog sterk toegenomen. Uit onze gegevens over de grondontsmetting bij gewassen van verschillende leeftijd kon worden berekend welk percentage van met Oberschlesiën beplante akkers was ontsmet. Schattingen over de toepassing van formaline in 1955-1957 leiden tot de conclusie welke in het volgende overzicht is vervat.

Plantjaar	vóór 1952	1952	1953	1954	1955	1956	1957
% ontsmette							
akkers	0	6	40	37	50	75	90

De grondontsmetting is dus in een luttel aantal jaren ingeburgerd. Dat van 1953 op 1954 geen toename van het percentage ontsmette percelen is waar te nemen, hangt samen met het grote aantal vorstdagen in januari en februari van 1954. Hierdoor heeft voor velen de gelegenheid ontbroken om nog na de jaarwisseling de voorgenomen ontsmetting uit te voeren.

*Voorkomen van virusziekten.* Virusziekten kwamen vroeger in Kennemerland veelvuldig voor. Door het vrijwel uitsluitend gebruik van geselecteerd, dus gezond plantmateriaal, is de schade door deze ziekten thans van ondergeschikte betekenis. Ook in onze proefpercelen werden slechts af en toe viruszieke planten waargenomen. Wanneer dit het geval was werd het opgetekend. Slechts op 17 proefplekken werden zulke planten aangetroffen. Meestal betrof het dan slechts enkele planten, zodat de stand vrijwel niet beïnvloed werd. In dit verslag zal dan ook verder geen aandacht aan de betekenis van viren worden geschonken.

*Slechte plekken.* Een gewas dat minder goed is ontwikkeld, vertoont bijna nooit een gelijkmatige stand. Plekken met uitgesproken slechte planten wisselen af met redelijk

of goed ontwikkelde planten. Om de waargenomen verschijnselen zo goed mogelijk vast te leggen, werd de mate van plekkerigheid geschat en werd tevens getracht de oorzaak ervan aan te geven. Zeer vaak werden zwart wortelrot en *Verticillium*, een enkele maal virusziekten vermeld. Verstikking door onkruiden zoals muur en mossen, veroorzaakte soms ook pleksgewijze standverschillen. Vorstschade aan het plantgoed, niet waarneembaar bij het planten, kan later uitval ten gevolge hebben, waardoor eveneens open plekken ontstaan. Een ongelijkmatige stand kan ook door sterk zure plekken in de grond worden veroorzaakt. Diverse opmerkingen die het inzicht in de oorzaak van de slechte groei zouden kunnen verhelderen, werden vastgelegd. Soms werd verondersteld dat er onvoldoende was gemest of dat de magnesiumvoorziening te wensen overliet. Gevallen waarvan bekend was dat de smaak van de aardbeien te wensen overliet, werden tevens vermeld.

**Onkruidflora.** In enkele gevallen werd vrij veel onkruid in een gewas aangetroffen. De onkruidsoorten werden vastgelegd, omdat dit op bepaalde bodemtoestanden kon wijzen en omdat het gewas soms duidelijk nadelig op het onkruid reageerde. Verstikking door mos kwam bv. nogal eens voor. Figuur 6 laat zien dat vooral zuring (*Rumex acetosa* L.) en in mindere mate spurrie (*Spergula arvensis* L.) op een lage pH van de grond wijzen, terwijl muur (*Stellaria media* L.) en diverse mossen zowel op zure als niet zure percelen worden aangetroffen.

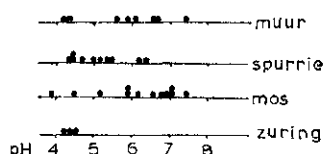


Fig. 6. De pH-KCL van percelen waarop veel onkruid werd aangetroffen

Fig. 6. The pH-KCL of fields where abundant weed growth was observed. Principal weeds *Stellaria media* L., *Spergula arvensis* L., various mosses and *Rumex acetosa* L.

**Beschrijving van het bodemprofiel.** Van iedere proefplek werden aantekeningen over het bodemprofiel gemaakt. Het doorgaans lage humusgehalte werd geschat en lag meestal tussen 1 en 2,5%. Plaatselijk, op de minder hoog boven het grondwater gelegen percelen, werden iets hogere humusgehaltes aangetroffen. Op de meer kalkhoudende duinzandpercelen lag het humusgehalte meestal beneden 1%.

Verschillen tussen de bodemprofielen werden vooral aangetroffen in de diepte waarop zich roest-(gley-)verschijnselen bevonden. In een enkele honderden meters brede strook langs de binnenduinvuot, op de t.o.v. het grondwater laagst gelegen percelen, heeft het uit de duinen aan de oppervlakte tredende drangwater veel ijzer afgezet, waardoor de bovengrond een roestbruine kleur kreeg. Een min of meer roodbruin getinte bouwvoor wijst dan ook steeds op een relatief vochtige ligging.

Geestgronden bevatten gewoonlijk zeer weinig afslibbare delen (2-4%), maar op enkele plaatsen werd wat meer slib aangetroffen. De praktijk spreekt dan van 'opdrachtige' grond. Ook deze gronden bezitten nog een grote doorlatendheid. Een enkele maal werden in het profiel veen- (darie-) en kleilagen van enkele cm tot zelfs

enige dm dikte aangetroffen. Wanneer deze lagen zich boven het grondwater bevinden, kunnen ze storend zijn voor de watervoorziening van het gewas. Meestal heeft de praktijk zulke lagen door een diepe grondbewerking reeds gebroken.

Zo mogelijk werd van elk perceel de bewerkingsdiepte aangegeven. De meeste percelen zijn nl. in de loop van de jaren al eens 2-4 steek diep bewerkt, variërend van 60-100 cm. De grens tussen bewerkte en onbewerkte grond is te zien aan de plotse-linge overgang van bruingrijze en grijsbruine lagen naar humusarme lichtgrijze en grijsgele grond, waarbij ook de gley-verschijnselen nog op de ongestoordheid van het profiel kunnen wijzen. Een gemiddeld profiel geeft ongeveer het volgende beeld:

- 0- ca. 70 cm: grijsbruin tot bruingrijs min of meer humushoudend, kalkarm duinzand, door bewerking egaal van kleur zonder duidelijke gleyverschijnselen. Scherpe overgang naar:  
ca. 70 cm - dieper: geelgrijs duinzand met bruingele roestafzettingen. Dieper: blauwgrijs gereduceerd duinzand, veelal kalkrijk met schelpgruis.

Ten aanzien van de vochthoudendheid, de textuur en de doorlatendheid van de gronden wordt het gebied gekenmerkt door een grote uniformiteit. Laat men de enkele iets opdrachtige gronden buiten beschouwing dan mag van de geringe verschillen tussen de bodemprofielen nauwelijks enige invloed op het gewas worden verwacht. Voor zover er duidelijke verschillen werden aangetroffen, waren ze hoofdzakelijk een gevolg van hydrologisch verschillende situaties. De Roo (40) heeft bij de bodemkartering van dit gebied dan ook alleen een onderscheiding naar hydrologische maatstaven, zoals die in de verschillende diepten van het reductievlak naar voren komen, toegepast. Hij onderscheidt bij deze strandwalgronden (Ww) de volgende subreeksen:

Wwa: voortdurend vochtige tot natte strandwalgronden; reductievlak boven 110 cm; niet afgegraven, humushoudende gronden.

Wwb: vochtige tot natte strandwalgronden; reductievlak boven 110 cm.

Wwc: vochtige tot droge strandwalgronden; reductievlak beneden 110 cm.

Uit deze beschrijving kan men opmaken dat deze gronden periodiek fluctuaties in vochtigheid ondergaan. Dit is het gevolg van de sterk schommelende grondwaterstanden.

*Grondwaterstanden.* Van iedere proefplek werd de grondwaterstand op de waarnemingsdag met behulp van een geperforeerde peilbuis vastgesteld in het bij de profielbeoordeling gemaakte boorgat. Een eerste oriëntering leerde dat de grondwaterstand zich meestal na enkele minuten reeds op een constant peil had ingesteld, zodat bij het verdere onderzoek werd volstaan met een insteltijd van ca. 10 minuten. Deze tijd was voor het merendeel der percelen ruimschoots voldoende.

Bij de bewerking van de gegevens bleken een enkele maal echter tussen zeer nabij gelegen percelen verschillen in de gemeten grondwaterstanden voor te komen, die niet aan de hand van verschillen in hoogteligging van het maaiveld waren te verklaren. In zulke gevallen bleken te diepe grondwaterstanden meestal betrekking te hebben op profielen met een slibhoudende ondergrond. Daar de insteltijd bij zulke metingen



waarschijnlijk niet lang genoeg genomen was, werden de genoteerde grondwaterstanden dan als onbetrouwbaar aangemerkt.

Op enkele percelen in het noorden van het gebied kwamen klei- en veenlagen in het profiel voor (zg. strandwal overgangsgronden). Grondwaterstanden werden dan niet gemeten, enerzijds omdat de toegemeten tijd te kort was voor een betrouwbare meting, anderzijds omdat dergelijke afwijkende profielen in hydrologisch opzicht niet vergelijkbaar waren met de overige gevallen.

Op een aantal akkers werden als gevolg van een recente bevoeiing afwijkend hoge grondwaterstanden aangetroffen. Bij navraag bleek de pompinstallatie dan vaak de vorige nacht nog te hebben gewerkt. Dergelijke waterstanden kwamen een enkele maal ook voor op akkers die zelf niet bevoeid konden worden maar grensden aan pas bevoeide percelen. In zulke gevallen waren de waterstandsgegevens uiteraard niet bruikbaar.

Zoals reeds in paragraaf 2.3 werd uiteengezet, doen zich in dit gebied sterke jaarfluctuaties van het grondwater voor. In het voorjaar, meestal vanaf maart, daalt het grondwater, onderbroken door korte soms sterke stijgingen in perioden van neerslag naar een vaak aanzienlijk lager niveau. De laagste grondwaterstand wordt, afhankelijk van het begin van de zomerregens en de hoogteligging, in juli – begin september bereikt. Meestal vanaf september stijgt het grondwater weer snel en onregelmatig tot een hoger niveau, dat in de loop van de herfst bereikt wordt en behoudens korte schommelingen, gedurende de wintermaanden gehandhaafd blijft. Uit figuur 2 die de gemiddelde grondwaterstand van 50 peilbuizen gedurende de jaren 1939–1942 weergeeft (VISSEER, 48), kan worden afgeleid dat in deze jaren de gemiddelde fluctuatie tussen zomer- en winterniveau resp. 65–50–70 en 60 cm bedroeg. DE ROO (40) nam in 1946 in enkele peilbuizen fluctuaties waar, variërend van 25 tot 40 cm, in 1947 in dezelfde buizen echter van 80 tot 100 cm. De verschillen tussen hoogste en laagste grondwaterstanden variëren dus niet alleen van plek tot plek, maar tevens van jaar tot jaar. Ook de hoogste winterwaterstanden zullen dus van jaar tot jaar kunnen verschillen.

Een inzicht in het verloop van de grondwaterstand in het jaar van onderzoek, 1955, levert ons figuur 7, die werd samengesteld uit 14-daagse waarnemingen in een 8-tal peilbuizen en welputten<sup>1)</sup>. De jaarfluctuatie, het verschil dus tussen de hoogste winter- en de laagste zomerwaterstanden, variëerde bij deze gevallen van ca. 40 tot ca. 90 cm. Een nadere beschouwing van figuur 7 leert, dat deze fluctuatie kleiner wordt naarmate het perceel dichter op het grondwater is gelegen. De verschillen in ligging boven het grondwater moeten voornamelijk aan de topografie van het terrein worden toegeschreven. De geringere jaarfluctuatie bij laag gelegen percelen is vooral een gevolg van de invloed van sloten die, wanneer ze functioneren, een stijging van het grondwater tot vlak onder of zelfs boven het maaiveld verhinderen.

Neerslag kort voor de aflezing heeft voorts bij laag gelegen percelen door het geringere waterbergend vermogen boven de grondwaterspiegel, een sterkere verhoging van

<sup>1)</sup> Deze gegevens werden ons welwillend ter beschikking gesteld door de Provinciale Waterstaat van Noord-Holland.

Fig. 7. Fluctuatie-diagram van de grondwaterstand van 8 peilbuizen en welputten in 1955, benevens de regenval, gemeten te Velsen

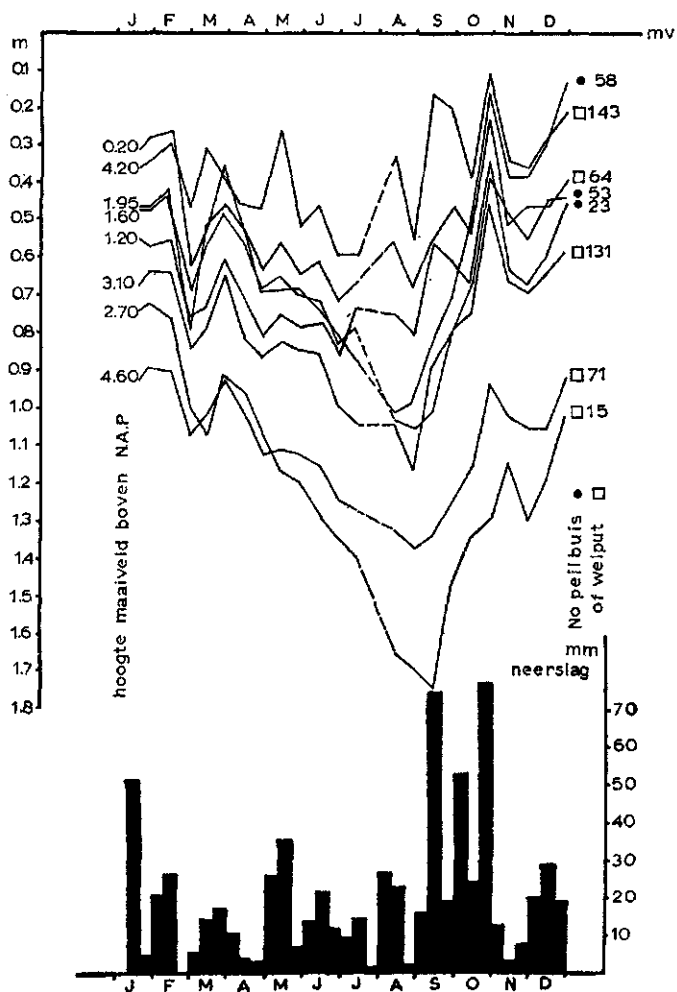


Fig. 7. Groundwater levels of 8 observation points in meters below soil surface during 1955 and the rainfall at Velsen

het grondwater ten gevolge dan bij hoge percelen. Dit blijkt bv. duidelijk uit het effect van de neerslag in de eerste helft van mei. Door het verschil in waterbergend vermogen zet de grondwaterdaling bij hoge percelen ook langer door dan bij lage percelen. Werd het laagste niveau in de welputten 143 en 64 bv. reeds in het begin van juli bereikt, bij de welputten 71 en 15 was dit pas eind augustus het geval.

De grondwaterstanden welke ons van de 200 proefplekken ter beschikking stonden, zijn alle gemeten in de periode van 14 juli tot 3 augustus. Zij benaderen, zeker voor de laag gelegen percelen, de in 1955 opgetreden laagste grondwaterstanden. Bij de hogere percelen zal na de opnamedatum een nog verder gaande daling hebben plaats gehad.

Uit figuur 7 blijkt dat dit echter niet meer dan ca. 10 cm, voor extreem hoge percelen ca. 20 cm kan hebben bedragen.

Een gelukkige omstandigheid was, dat de waarnemingen niet door regenval zijn beïnvloed. In de 2 weken voorafgaande aan de eerste waarnemingsdag, was slechts 9 mm regen gevallen. Ook in de opnameperiode viel weinig regen, totaal nl. 15 mm. Gezien de droge toestand waarin de grond verkeerde, kan deze neerslag geen invloed op de grondwaterstandsmetingen hebben gehad.

Bij de bewerking van het materiaal leek het gewenst, een correctie op de metingen toe te passen in verband met de tijdens en na de waarnemingsperiode voortgaande daling van het grondwater. Aanvankelijk werd alleen zodanig gecorrigeerd dat een benadering van de toestand op de gemiddelde opnamedatum, 26 juli, werd verkregen. Uit figuur 7 en uit neerslaggegevens kon worden afgeleid dat het grondwater in de opnameperiode tussen 14 juli en 3 augustus overal iets moest zijn gedaald. De grondwaterstijging tussen 14 juli en 15 augustus bij dicht boven het grondwater gelegen percelen in figuur 7 was nl. uitsluitend een gevolg van 22 mm neerslag vlak vóór 15 augustus, dus buiten de waarnemingsperiode, gevallen. In figuur 7 ontbreken wegens omstandigheden de 14-daagse aflezingen van 28 juli (stippellijnen).

De gemiddelde grondwaterdaling tussen 14 juli en 3 augustus werd op 10 cm geschat. De waterstanden van de niet bevoeide percelen, gemeten op 14, 19, 20, 21, 26, 27, 29 juli en 3 augustus werden nu verlaagd met respectievelijk 6, 4, 3, 2, 0, -1, -2, en -4 cm. De waarden op de niet bevoeide akkers varieerden daarna tussen 59 en 124 cm-mv.

In een later stadium van bewerking werd op deze cijfers nog een tweede eveneens kleine correctie toegepast, die ten doel had een benadering te verkrijgen van de laagste in 1955 opgetreden grondwaterstanden. Hierbij moest dus rekening worden gehouden met de hoogteligging van de percelen boven het grondwater. Deze tweede correctie is beschreven op blz. 45. De aldus verkregen 'diepste' grondwaterstanden zijn te beschouwen als de resultante enerzijds van de hoogteligging, anderzijds van de mate van grondwaterfluctuatie ter plaatse.

*Bevloeiing.* De kunstmatige watervoorziening door bevoeiing en tegenwoordig vooral door beregening, is wel de meest effectieve productiebeheersende en -verhogende maatregel van de laatste 10 jaren geweest. In 1955 werd nog uitsluitend bevoeiing toegepast. Zo bleken 75 van onze proefplekken te kunnen worden bevoeid, terwijl een 6-tal niet bevoeide akkers blijkens de grondwaterstand indirect van een naburige bevoeiing profiteerde. Bij 32 van deze 75 percelen was aan de grondwaterstand nog merkbaar dat kortgeleden nog was bevoeid. Hier werden grondwaterstanden, variërend van 56 tot 99 cm, gemiddeld van 78 cm, waargenomen.

De met de jaren steeds verder gaande daling van het grondwater, met als gevolg ernstige droogteschade, heeft sedert 1949 de tuinbouw ertoe gebracht, zelf in de waterbehoefte te voorzien door middel van bevoeiingsinstallaties. In het desbetreffende gebied werd de eerste installatie in 1949 gebouwd. In 1952 werd in geheel Kennemerland reeds 700 ha door 225 pompen bevoeid (VISSE, 49).

Uit Norton-boringen van 40 meter en soms nog aanzienlijk grotere diepte, wordt het

water opgepompt door middel van pompen met een capaciteit van 10–20 m<sup>3</sup> per uur. Vóór 1960 gebeurde dit hoofdzakelijk in de nachtelijke uren. Nu het nachstroomtarief sedert 1960 is afgeschaft, draaien de pompen overdag. Het water wordt in een gemetselde bak gestort, van waaruit het door greppels of een buizen-greppelsysteem, vanaf het hoogste punt van een te bevoeien complex van akkers op het land wordt gebracht. Wanneer omstreeks april het dalende grondwater een peil van ca. 70 cm heeft bereikt, wordt met irrigatie begonnen. Daarbij wordt geadviseerd, op percelen met een redelijk gewas de grondwaterstand gedurende de volgende droge maanden op 60–70 cm te houden. Bij een minder goed gewas met een slecht wortelstelsel, dient een iets hogere grondwaterspiegel te worden aangehouden. Het opzetten en op een bepaald niveau houden van het water lukt des te beter, naarmate de zijdelingse afvloeiing geringer is. Dit is het geval bij bevoeiing van flinke aaneengesloten complexen van akkers. Bij de berekening van de benodigde pompcapaciteit wordt met deze verwachte zijdelingse afvloeiing rekening gehouden.

Aanvankelijk bestond bij de tuinders, die voorheen steeds droogteschade geleden hadden, de neiging om het water in de voorzomer veel te hoog, soms tot 30 cm beneden de oppervlakte, te houden. Hiertegen moest in de beginjaren van weinig ervaring, door de Tuinbouwvoorlichtingsdienst worden gewaarschuwd, omdat was gebleken dat bij aangehouden waterstanden boven 50 cm schade kon worden verwacht.

Tijdens de pluk, wanneer de gevoelige periode van de aardbei voorbij is, vermindert de pompactiviteit en laat men het water vrij zakken. Het daalt dan echter niet meer zo diep als vroeger toen er niet werd bevoeid. In de periode van onze waarnemingen werd al lang niet overal meer bevoeid. Op vele van deze akkers was het grondwater toen reeds tot 100 à 120 cm gedaald. De bevoeiing heeft dermate gunstige resultaten afgeleverd, dat de meeste installaties reeds na enkele jaren volledig waren terugverdiend. Momenteel wordt kunstmatige watervoorziening, maar dan overwegend met regeninstallaties, zo algemeen toegepast, dat droogteschade tot het verleden behoort. Wanneer ons onderzoek enkele jaren later had plaats gevonden, zou geen inzicht meer verkregen zijn over de invloed van de natuurlijke hydrologische situatie op de ontwikkeling van het aardbeigewas.

*Grondonderzoek.* Van de beoordeelde plek werd een goed gemiddeld grondmonster genomen tot 25 cm diepte. Hierin werden door het laboratorium van het Proefstation voor de Groenteteelt in de volle grond te Alkmaar de volgende bepalingen verricht: pH-water, pH-KCl en CaCO<sub>3</sub> %; voorts bij een extractieverhouding 1 : 2,5 oplosbaar in MORGAN'S reagens (Na-acetaat + azijnzuur, pH 4,8): fosfaat (P), nitraat-N, calcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), mangaan (Mn), ijzer (Fe), en aluminium (Al). Deze waarden werden uitgedrukt in delen per miljoen in het extract.

Door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek werden bepaald: het P-getal en het P-citr.-cijfer<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Sedert 1958 is het P-citroenzuurcijfer vervangen door het P-Al-cijfer. De bepaling geschiedt hierbij niet meer in citroenzuur, maar in het iets minder krachtig oplopende ammonium-lactaat + azijnzuur. De P-Al-cijfers bedragen voor de geestgronden ruim 0,8 × de P-citr.-cijfers.

## 5 Schattingen over de hydrologische toestand

Buiten de, in het vorige hoofdstuk genoemde waarnemingen werd nog de beschikking gekregen over schattingen betreffende de hoogteligging van de percelen boven het gemiddelde grondwaterpeil en de mate van jaarfluctuatie van het grondwater. Tijdens de bewerking van het materiaal ontstond nl. behoefte aan inzicht in de hydrologische situatie ter plaatse. De enige gegevens welke ons ter beschikking stonden, waren de grondwaterstanden omstreeks eind juli. Deze konden weliswaar enig inzicht geven in de grootste verschillen in hoogteligging en verschillen in wegzakken van het water in de zomer, zij gaven geen uitsluitsel over de mate van fluctuatie. Een diepe grondwaterstand in de zomer kan bv. zowel het gevolg zijn van een hoge ligging ten opzichte van het gemiddelde grondwaterpeil als van een sterke fluctuatie bij een overigens matig hoge ligging. Een meer exact inzicht in de fluctuatie zou zijn verkregen, wanneer het indertijd mogelijk was geweest, om ook in de voorafgaande winter grondwaterstanden te meten.

Om nu enigszins te worden geïnformeerd over beide hydrologische karakteristieken, zou gebruik kunnen worden gemaakt van de hydrologische kartering van het gebied door VISSER (zie figuur 3). Door interpolatie tussen lijnen van gelijke hoogteligging en gelijke relatieve grondwaterstandsschommeling (de rgs-maat) zou een karakterisering van de hydrologische situatie op de proefplekken kunnen worden gegeven. Bij het personeel van de Tuinbouwvoorlichtingsdienst bestonden echter, speciaal ten aanzien van detailsituaties, opvattingen die afweken van de in figuur 3 gesuggereerde toestand. Als bezwaar gold, dat de jaarfluctuatie zich soms op korte afstand, bv. ten gevolge van de ligging ten opzichte van een afwateringssloot, sterk kan wijzigen zonder dat dit uit figuur 3 blijkt. Deze figuur is ook inderdaad door vereffening van gegevens verkregen, zodat hier en daar hydrologische verschillen ter wille van de overzichtelijkheid zijn gladgestreken.

Er werd daarom besloten, gebruik te maken van de ervaringen, die er bij het personeel van de Tuinbouwvoorlichtingsdienst t.a.v. plaatselijke hydrologische omstandigheden bestonden. Daartoe werden door de hoofdwaarnemer (J. C. MUYEN), in 1957 twee jaar na de opname der gegevens dus, schattingen verricht aan de hand van de op een kaart aangegeven ligging. Daarbij werd onderscheid gemaakt tussen I: een lage, II: een matig hoge en III: een hoge ligging t.o.v. de gemiddelde grondwaterstand. Voorts werden de proefplekken onderscheiden naar a: een kleine, b: een middelmatige en c: een sterke relatieve schommeling van het grondwater over het jaar.

Deze schattingen werden niet ter plaatse verricht en konden waarschijnlijk dus niet zijn beïnvloed door de toestand van het gewas. Evenmin konden ze zijn beïnvloed door

de waargenomen grondwaterstanden. De schattingen werden na enige tijd herhaald en getoetst aan de ervaring van een tweede waarnemer, de heer W. H. HOUTWIPPER. Enkele afwijkingen van de eerste schattingen, soms berustend op een onjuiste oriëntatie in het terrein, soms overgangsgevallen betreffende, werden besproken en zo mogelijk rechtgezet.

Vertrouwen in dergelijke schattingen leek wel gerechtvaardigd. Bij de Tuinbouwvoorlichtingsdienst bestond een 20-jarig intensief contact met de tuinbouw in dit gebied, en dit contact betrof zeer vaak waterhuishoudkundige zaken. Ervaringen met klachten over verdroging, over wateroverlast in de winter, het niet functioneren van de afwatering, bemoeienis met de aanleg van bevoelingsinstallaties en de hiervoor verrichte waterpassingen, het in vroegere jaren verrichten van vele grondwaterstandsmetingen, zijn alle zaken die een gedetailleerde kennis over de vaak op korte afstand zich wijzigende hydrologische situatie mochten doen veronderstellen. Niettemin kunnen dergelijke schattingen niet anders dan weinig exact zijn. Dit is een vrij groot bezwaar omdat bij deze zandgronden met geringe capillaire opstijging, kleine verschillen in grondwaterstanden grote gevolgen voor het gewas kunnen hebben. Het grote bezwaar van schattingen als deze is de kans op klassevervaging. Er bestaat bij schattingen nl. altijd een neiging om gevallen die men wat het gedrag van het grondwater betreft, niet als extreem kent, in te delen in de klasse 'matig'.

Ook bij onze schattingen heeft klasse-vervaging ongetwijfeld een rol gespeeld. In figuur 8 zijn de grondwaterstanden van eind juli en de klasse-indeling van niet bevoelde percelen weergegeven. Voor de groep I, de als 'laag' geschatte percelen, bestaat gemiddeld inderdaad een duidelijk verschil in zomergrondwaterstanden tussen de klassen a, b, en c. Deze bedroegen gemiddeld 73-82 en 95 cm - mv. Eén geval van een extreem hoge grondwaterstand (-59 cm) werd bij klasse Ib ondergebracht, omdat het hier een extreem lage ligging en geen extreem kleine fluctuatie betrof. Feitelijk zou dit perceel bij een klasse 'extra-laag' moeten worden ingedeeld. De groepen II en III zijn eveneens nog van elkaar en van groep I te onderscheiden. De gemiddelde grondwaterstand bedraagt voor groep II en III resp. 97 en 108 cm - mv. Dat bij de groepen II en III a, b en c van gemiddeld toenemende fluctuaties sprake zou zijn, d.w.z. dat bij gelijke gemiddelde hoogteligging in de volgorde a, b en c het grondwater in de zomer dieper zou wegzakken, blijkt niet uit deze figuur. In elk van deze categorieën komen gevallen voor, waarvan men zou vermoeden dat ze onjuist werden geclassificeerd. Zo zijn er enkele proefplekken met grondwaterstanden hoger dan 100 cm-mv. en ingedeeld bij groep IIb, die men bij gebruik van absolute maatstaven waarschijnlijk als middel-hoog zou moeten classificeren.

Opgemerkt moet worden, dat de hier weergegeven grondwaterstanden betrekking hebben op de toestand van eind juli. Op hoog gelegen percelen, speciaal die met een relatief sterke jaarfluctuatie, zal het water, zoals uiteen werd gezet in hoofdstuk 4, na de gemiddelde opnamedatum 26 juli nog iets verder kunnen zijn gedaald. Men mag vermoeden dat bij een wat latere meting van de grondwaterstanden de spreiding tussen de klassen II en III a, b en c wat sterker zou zijn geweest.

Hoe het zij, men kan zich bij de beschouwing van figuur 8 afvragen, of bij de klasse-

Fig. 8. De indeling naar geschatte hydrologische klassen en de bijbehorende zomergrondwaterstanden van niet bevoeide percelen. I, II, en III resp. laag, matig hoog en hoog gelegen t.o.v. de gemiddelde grondwaterstand; a, b en c resp. met een kleine, middelmatige en sterke jaarfluctuatie van het grondwater

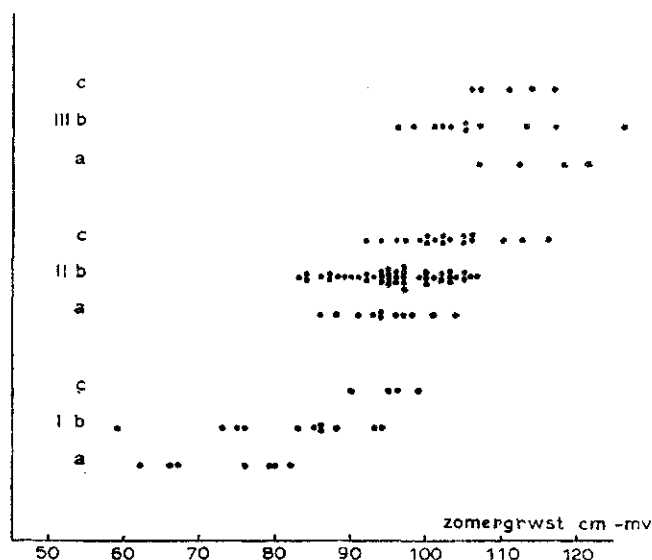


Fig. 8. Estimated hydrological classification of non-irrigated fields and their corresponding groundwater tables in cm in July 1955. I, II and III relatively low, medium-high or high situations above mean groundwater level; a, b and c refer to fields where winter-summer fluctuations of the watertable are small, moderate or great

indeling, afgezien van de ruwheid van de schattingen, de begrippen hoogteligging en fluctuatie niet gedeeltelijk door elkaar zijn gehaald. Speciaal bij zich betrekkelijk diep onder het maaiveld afspelende schommelingen van het grondwater is het moeilijk deze begrippen op de juiste wijze door schattingen aan de hand van ervaringen vast te leggen. De indeling naar de mate van fluctuatie zal bij de groepen II en III vermoedelijk vooral gebaseerd zijn geweest op ervaring met al of niet relatief hoge winterwaterstanden. Op de betekenis van de verschillende hydrologische situaties voor het gewas komen wij bij de bespreking van de resultaten nog uitvoerig terug.

## 6 Resultaten van de analyse der waargenomen en geschatte factoren

### 6.1 Inleiding

In hoofdstuk 3 werd er reeds op gewezen dat de aard van het ter beschikking staande materiaal een nauwkeurige statistische analyse onmogelijk maakte. Enerzijds werd bij het verzamelen van de gegevens van een normale toevalsverdeling uitgegaan, anderzijds ontbrak in menig opzicht de kennis die tot een verantwoorde uitvoering van waarnemingen en keuze van proefplekken had kunnen leiden. Ook de aard van sommige waarnemingen bracht moeilijkheden bij de bewerking met zich mee.

Bij de bestudering van de invloed van een groeifactor zoals die bij een proefplekken-onderzoek wordt waargenomen, kan men beginnen deze grafisch weer te geven als een gemiddeld verband tussen de opbrengst (de stand) en de factor. Is de invloed zwak en oefenen meerdere factoren invloed uit op het gewas, dan is ook de correlatie tussen het gewas en de onderzochte factor zwak. Men kan dan trachten door correctie de invloed van de andere factoren te elimineren. Voor de hierbij gevolgde bewerkingstechniek zij verwezen naar FERRARI (18). Slaagt men erin deze correcties voor de belangrijkste factoren op de juiste wijze uit te voeren, dan wordt de oorspronkelijke opbrengst-variantie verminderd tot die waarde welke door de onderzochte factor, door de toevalsfout en door niet onderzochte factoren wordt veroorzaakt. De invloed van de onderzochte factor kan dan zuiverder worden weergegeven. FERRARI, die deze bewerking bij een onderzoek met aardappelen in de Bommelerwaard toepaste, kon door successievelijke correcties 75 % van de oorspronkelijke opbrengst variantie uit een 9-tal groeifactoren verklaren.

In hoofdstuk 3 wezen wij er reeds op dat de invloed van een factor afhankelijk kan zijn van de toestand van andere factoren (interactie) en dat deze invloed daarom ook moet worden nagegaan bij verschillende toestanden van andere factoren. Meestal kiest men hiertoe een indeling in drie groepen van waarden (laag- middel hoog- hoog). Een dergelijke bewerking is ook in verband met het optreden van correlaties tussen factoren onderling, noodzakelijk. Bij de bespreking van de resultaten zal blijken dat ook bij ons onderzoek interacties en correlaties tussen factoren zijn opgetreden, al konden deze door de aard van de gegevens niet steeds even duidelijk worden aangetoond. Bij de bewerking werd alleen voor de invloed van twee matig belangrijke factoren, de zuurgraad en de fosfaattoestand van de grond, gecorrigeerd. Het effect hiervan was echter zo gering dat de bestudering van het materiaal verder geschiedde met niet gecorrigeerde standcijfers.

Voor de waarschijnlijk belangrijke invloed van de besmetting van de grond met



*Verticillium* kon om redenen uiteengezet in par. 6.2 niet worden gecorrigeerd. Dit valt te betreuren omdat, zoals aannemelijk zal worden gemaakt, de invloed van de vochtvoorziening mede afhankelijk moet worden geacht van de gezondheidstoestand van het gewas. Voor de zeer belangrijke invloed van het grondwater kon evenmin worden gecorrigeerd. Enerzijds omdat deze niet onafhankelijk van de *Verticillium*aantasting kon worden weergegeven, anderzijds omdat als gevolg van een onvolledige werkhypothese vooraf, exacte gegevens voor een juiste hydrologische karakterisering ontbraken.

Bij ons onderzoek bleek de stand in meer of mindere mate samen te hangen met de volgende factoren:

1. De hoeveelheid symptomen van *Verticillium*.
2. De hoeveelheid symptomen van zwart wortelrot.
3. De grondontsmetting.
4. De leeftijd van het gewas.
5. a. De diepste grondwaterstand in 1955.  
b. De geschatte ligging boven en de jaarschommeling van het grondwater.  
c. Roestverschijnselen in de laag 0-60 cm.
6. De bevoeiing.
7. De zuurgraad van de grond.
8. De fosfaattoestand van de grond.
9. Het nitraatgehalte van de grond.

Verskillende interacties werden gevonden, nl. tussen 1 en 4; 3 en 5b; 5a en 5c; 5b en 6; 7 en 8.

Om de betekenis van de gevonden invloeden meer te doen spreken, zullen verschillen in stand worden herleid tot geschatte verschillen in produktievermogen van het gewas. Deze herleiding heeft dan plaats gevonden met behulp van het in figuur 5 weergegeven verband. Deze afgeleide produktieverschillen hebben uiteraard geen pretentie van nauwkeurigheid. Zij beogen slechts een indruk te geven van de grootte-orde van deze verschillen.

## 6.2 Invloed van *Verticillium*

In de zomer van 1955 werden in de meeste percelen veelvuldig symptomen van *Verticillium* aangetroffen. Daarbij bleek reeds dat er een duidelijk verband bestond tussen de toestand van het gewas en de zichtbare symptomen. Naarmate de stand meer te wensen overliet werden in het algemeen meer ziekteverschijnselen waargenomen. De samenhang tussen het gewas en de symptomen is in figuur 9 weergegeven. Zou men hierbij van een oorzakelijk verband mogen uitgaan, dan kan de weergegeven lijn worden berekend. Deze werd verkregen door rechtlijnige vereffening, waarbij  $x$  en  $y$  even onzeker werden verondersteld (VAN UVEN, 46). De correlatiecoëfficiënt  $r = -0,64$  wijst op een sterke samenhang.

Fig. 9. Het verband tussen de waargenomen stand en symptomen van *Verticillium*. O = geen zichtbare symptomen, 4: zeer veel symptomen

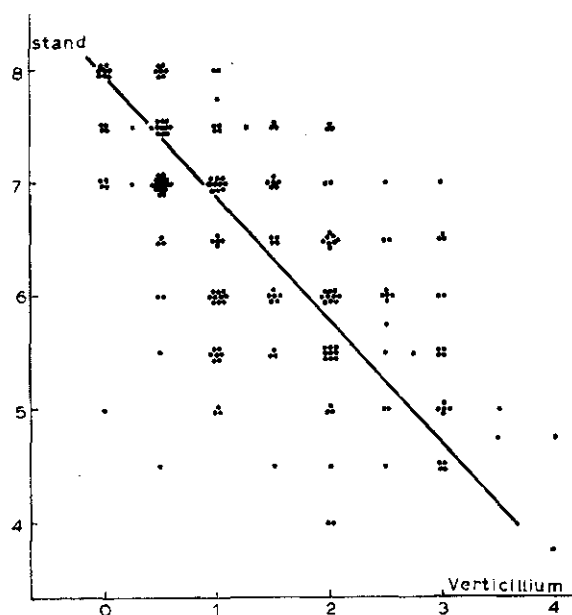


Fig. 9. The relationship between the vigour marks of the crop and the amount of symptoms of *Verticillium* sp.

Wanneer men in het voorkomen van de ziektesymptomen zoals die in cijfers werd vastgelegd, uitsluitend een maat zou moeten zien voor de graad van de besmetting, dus voor de aanwezigheid van de schimmel in de grond, dan zou uit figuur 9 de gevolgtrekking moeten worden gemaakt, dat de stand en daarmee het produktievermogen van Oberschlesiën in 1955 buitengewoon sterk werd beïnvloed door de aanwezigheid van *Verticillium* in de grond. Met behulp van het verband in figuur 5 zou dan kunnen worden berekend dat een lichte 'aantasting' (*Verticillium* = 1) reeds een opbrengstderving van ca. 14 kg, een zware aantasting (*Verticillium* = 3) een ca. 60 kg lagere opbrengst per are zou veroorzaken. Bij afwezigheid van de ziekte zou voorts vrijwel geen slechte stand worden aangetroffen en zou het opbrengstniveau voor dit ras gemiddeld 150 kg per are bedragen.

Nu kan niet ontkend worden dat *Verticillium* een bodemschimmel is die vooral bij gevoelige rassen flinke schade kan aanrichten. De inoculatieproeven met *Verticillium albo atrum* van TALBOYS e.a. (43), het succes dat met goede grondontsmetting kan worden bereikt en de snelheid waarmee deze maatregel in de praktijk is ingeburgerd (zie hoofdstuk 4) laten hierover geen twijfel bestaan. Toch moet een zo sterke invloed als figuur 9 suggereert sterk in twijfel worden getrokken en de vraag rijst, wat met de beoordeling van de ziektesymptomen feitelijk is weergegeven. De veelheid van symptomen lijkt meer een maat te zijn voor de heftigheid waarmee het gewas onder invloed

van bepaalde groeiomstandigheden op een besmetting reageert, dan een maat voor de aanwezigheid van de schimmel in de grond. TALBOYS (43) wijst erop, dat aardbeien bij een goede vochtvoorziening, zoals vochtig gehouden grond in potproeven, een zekere tolerantie voor *Verticillium* kunnen vertonen. Ook zou de ziekte in droge warme voorzomers meer optreden dan in koele natte jaren, een ervaring, die ook in Kennemerland bestaat. HARRIS (21) komt bij de bestudering van *Verticillium* in hop tot de conclusie dat de symptomen in hetzelfde gewas van jaar tot jaar sterk wisselen en dat vooral een slechte ontwateringstoestand in de winter en een slechte vochtvoorziening in de zomer samengaan met *Verticillium*symptomen.

Uit de aard van de verschijnselen, waarbij in het ernstigste geval verwelking optreedt, kan reeds worden afgeleid dat *Verticillium* het inwendige vochttransport van de aardbei belemmert. Bij een goede vochtvoorziening zal het gewas dan minder met ziekte- (in wezen droogte-) symptomen reageren, dan wanneer de vochtvoorziening reeds minder gunstig is. Sterke verdamping zal daarbij het optreden van de symptomen in de hand werken.

Een bevestiging van deze gedachtegang leek te worden gevonden in de mate waarin *Verticillium* werd aangetroffen in bevroide en niet bevroide akkers. De gemiddelde beoordeling van *Verticillium* voor alle proefplekken kwam met het cijfer 1,41 overeen. Voor de bevroide en niet bevroide akkers bedroeg dit respectievelijk 1,15 en 1,57. Ook binnen de groep van niet bevroide percelen werd een verband gevonden tussen de *Verticillium*symptomen en de vochtvoorziening. In figuur 10 is het verband tussen *Verticillium* en de grondwaterstand voor niet bevroide, niet ontsmette, middelhoog tot hoog gelegen akkers weergegeven. Vooruitlopend op wat over de betekenis van de zomergrondwaterstand naar voren zal worden gebracht zij opgemerkt, dat bij deze groep van percelen een grondwaterstand van ca. 100 cm-mv met een relatief gunstige toestand van vochtvoorziening overeenkomt.

Mogelijk spelen ook andere factoren die de ontwikkeling van het gewas beïnvloeden nog een rol bij het zichtbaar worden van de ziektesymptomen. Zo werd een zwakke samenhang gevonden tussen de zuurgraad van de grond en de *Verticillium*beoordeling.

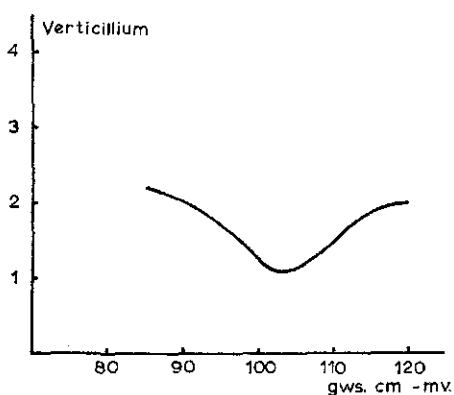


Fig. 10. De samenhang tussen de hoeveelheid *Verticillium*symptomen en de voor de toestand op 26 juli 1955 herleide grondwaterstanden van niet bevroide, niet ontsmette percelen die middelhoog tot hoog gelegen t.o.v. het grondwater werden geschat

Fig. 10. The relationship between symptoms of *Verticillium* and the water table in July 1955 in non-irrigated, non-sterilized fields classified as hydrological groups II and III (see fig. 8)

Bij het optimale pH-KCl traject 5-6 bedroeg deze 1,25, bij ongunstig hoge pH-KCl boven 7,5 werd gemiddeld *Verticillium* = 1,70 gevonden.

Uit het bovenstaande blijkt, dat de veelheid van *Verticillium* symptomen een kenmerk met andere groeiomstandigheden gekoppelde factor is. De samenhang in figuur 9 kan dan niet als een zuiver oorzakelijk verband worden opgevat en een correctie met behulp van de samenhang in figuur 9, met het doel de invloed van de ziekteaan-tasting op de stand te elimineren, is dus niet verantwoord. Men zou daarmee immers tevens een deel van de invloed van andere factoren uitschakelen. Zo is in figuur 11 weergegeven, welk verband er bestaat tussen het, uit de stand afgeleide produktie-niveau en de grondwaterstand op 26 juli 1955 voor niet bevoeide, als laag boven het grondwater geclassificeerde percelen. Lijn no. 1 geeft dit verband weer nadat op de waargenomen standcijfers een, overigens weinig ingrijpende, correctie voor de invloed van de zuurgraad en de fosfaattoestand van de grond was uitgevoerd. Zoals later zal worden toegelicht, berust deze samenhang op toenemend vochtgebrek bij lagere grondwaterstanden voor gewassen met korte wortelstelsels.

Fig. 11. De invloed van de grondwaterdiepte in de zomer op het produktieniveau van niet bevoeide, als laag boven het grondwater geclassificeerde percelen. Het produktieniveau werd uit de standcijfers afgeleid met behulp van figuur 5.

1. Voor standcijfers na correctie voor de invloed van de zuurgraad en de fosfaattoestand van de grond.
2. als 1, na onjuiste correctie voor een toestand waarbij geen *Verticillium*-symptomen worden aangetroffen (*Verticillium*-beoordeling = 0)

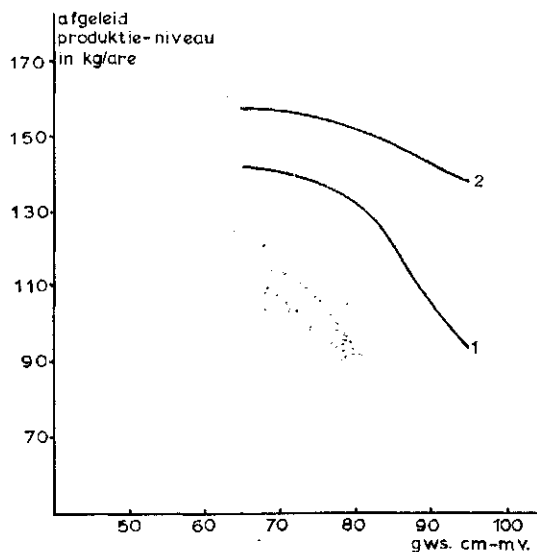


Fig. 11. The effect of the depth of the groundwater in the summer on the estimated production level of non-irrigated low situated fields. The production level was deduced from vigour marks using the relationship given in figure 5.

1. For vigour marks after a correction eliminating the influence of differences in the pH and the phosphate status of the soil.
2. As 1, after correction for a situation where no *Verticillium* symptoms are observed

Lijn no. 2 geeft ditzelfde verband weer nadat bovendien via het verband in figuur 9 een correctie was uitgevoerd voor een toestand waarbij geen *Verticillium*symptomen worden aangetroffen.

Lijn no. 2 zou aanleiding kunnen geven tot de o.i. sterk overdreven conclusie dat de in Kennemerland als het meest ongunstig bekend staande hydrologische situatie (hoge winterwaterstanden, lage zomerwaterstanden), bij afwezigheid van een *Verticillium*besmetting een weliswaar merkbare maar toch niet verontrustende achteruitgang in produktie ten gevolge zou hebben. Een dergelijke conclusie is landbouwkundig moeilijk aanvaardbaar.

Uit onze gegevens kan dus niet worden berekend welke de zuivere invloed van *Verticillium* is. Daartoe zou het gewas op wel en niet besmette percelen en onder verschillende omstandigheden, bv. van vochtvoorziening moeten kunnen worden bestudeerd. Een verantwoorde correctie voor de invloed van deze bodemschimmel kan dus ook niet worden uitgevoerd. Gezien de vermoedelijk bestaande interactie tussen de invloed van *Verticillium* en die van andere factoren, mag de werking van de nog te behandelen andere groeifactoren dus niet los worden gezien van de aanwezigheid van *Verticillium*. Het is in dit verband treffend dat in nauwelijks 10% van de percelen geen of nauwelijks enige ziektesymptomen werden aangetroffen en dit betrof dan vrijwel uitsluitend gewassen met een goede stand. Bijna alle percelen waren dus besmet.

Het algemeen voorkomen van *Verticillium* valt niet te verwonderen. De aardbeicultuur was in dit gebied reeds zeer oud, de percelen werden ondanks vruchtwisseling regelmatig met aardbeien beteeld, er zijn verscheidene waardplanten, grondontsmetting werd in 1955 nog slechts enkele jaren en met wisselend succes toegepast en herbesmetting door het veelvuldig stuiven van deze gronden lijkt zeer wel mogelijk.

Het verband tussen de stand en de hoeveelheid *Verticillium*symptomen bleek voorts nog duidelijk met de leeftijd van het gewas samen te hangen. In figuur 12 is dit verband voor één-, twee-jarige en oudere gewassen weergegeven, terwijl tabel 1 voor deze drie categorieën het aantal percelen, de gemiddelde stand-, en de gemiddelde aantastingscijfers geeft.

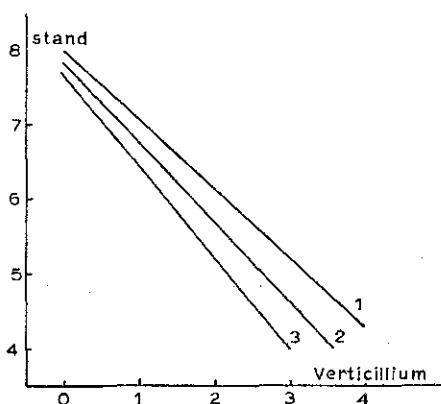


Fig. 12. Het verband tussen de stand van het gewas en de *Verticillium*symptomen bij verschillende leeftijd. 1 = eerste plukjaar; 2 = tweede plukjaar; 3 = oudere gewassen

Fig. 12. The relationship between vigour marks and *Verticillium* symptoms for crops in the first (1), second (2) or more (3) years after planting

De hiervoor gebruikte standcijfers waren voor de invloed van de zuurgraad en de fosfaattoestand van de grond gecorrigeerd. Het naar verhouding grote aantal tweejarige gewassen kan op een afname in het aanplanten van Oberschlesiën in 1954 ten opzichte van 1953 wijzen. Wellicht heeft bij het bezoeken van de bedrijven onbewust ook enige selectie naar tweejarige gewassen plaats gevonden. Uit het kleine aantal oudere percelen blijkt dat het gewas doorgaans na het 2e jaar werd opgeruimd. Alleen bij een redelijk goede stand houdt men het gewas soms langer aan. De gemiddelde stand van deze groep geeft dus geen zuiver beeld van de ouderdoms-degeneratie.

De niveau's van de drie lijnen in figuur 12 wijken betrouwbaar vanéén, een verschil in hellingshoek kon niet betrouwbaar worden aangetoond. Uit tabel 1 blijkt, dat tweejarige gewassen een iets betere stand vertonen dan een-jarige. Vermoedelijk houdt dit verband met een verschil in uiterlijk: tweejarige gewassen zien er wat voller uit dan eenjarige.

*Tabel 1. De gemiddelde stand- en Verticilliumbeoordeling en de aantallen percelen bij verschillende leeftijd van het gewas*

Leeftijd	Aantal	Stand	Verticillium	
1e plukjaar	65	6,40	1,70	<i>1st year of picking</i>
2e plukjaar	110	6,53	1,17	<i>2nd year of picking</i>
ouder	25	5,56	1,71	<i>older</i>
	<i>Number of fields</i>	<i>Vigour marks</i>	<i>Verticillium</i>	<i>Age</i>

*Table 1. Number of fields, average vigour marks and the evaluation of Verticillium symptoms for crops of different age*

Een verklaring voor het lagere Verticilliumcijfer van tweejarige gewassen ten opzichte van dat van een-jarige ligt niet direct voor de hand. Mogelijk speelt ook hier een verschil in uiterlijk een rol in die zin dat de symptomen in één-jarige gewassen meer opvallen en dus hoger beoordeeld worden. Mogelijk ook tonen één-jarige gewassen meer symptomen door een wat grotere gevoeligheid voor droogte.

Het verschil in niveau tussen de lijnen in figuur 12 kan voor een deel wel worden verklaard uit de invloed van zwart wortelrot. Bij de beoordeling van deze aantasting, die kenbaar is aan het voorkomen van kale of slechte plekken in een overigens vaak normaal uitziend gewas (par. 6.3) werd de mate van plekkerigheid mede tot uitdrukking gebracht in een lager standcijfer. De Verticilliumsymptomen werden hierbij echter beoordeeld aan planten buiten de door zwart wortelrot aangetaste plekken, die dus een betere stand vertoonden dan voor het gemiddelde perceel werd beoordeeld. Het verschil in niveau tussen de lijnen in figuur 12 hangt dan voor een deel samen met de, met de leeftijd van het gewas toenemende plekkerigheid door zwart wortelrot en de invloed hiervan op de standcijfers.

Opgemerkt zij nog, dat uit de gemiddelde stand 6,40 voor alle 200 proefplekken, met behulp van figuur 5 een gemiddeld opbrengstniveau voor Oberschlesiën in 1955 van 128 kg per are kon worden berekend.

### 6.3 Invloed van zwart wortelrot

Tot de belangrijke ziekten van de aardbei in Kennemerland moet ook het zwart wortelrot worden gerekend. De aantasting wordt veroorzaakt door vrij levende wortelaaltjes, voornamelijk *Pratylenchus penetrans* (COBB), waarna een secundair optreden van schimmels volgt. De aantasting komt vooral voor op lichte grondsoorten zoals zand (MOUNTAIN en BOYCE 31, PARKER en MAI 37), wat mogelijk samenhangt met grotere horizontale verplaatsingsmogelijkheden van aaltjes op deze gronden. Er zijn zeer veel waardplanten bekend (TOWNSHEND en DAVIDSON 44). De ziekte, die aanvankelijk met 'kanker' werd aangeduid, is gemakkelijk te herkennen aan de ronde kale plekken in het gewas, waarbinnen de planten zijn afgestorven en op de rand waarvan de planten klein en gedrongen zijn. Op de wortels zijn bruinzwarte rotte plekjes te zien.

Hoewel het ras Oberschlesiën matig gevoelig is, werd zwart wortelrot toch nog in 61 percelen, dus in 30% van de gevallen aangetroffen. Het merendeel hiervan vertoonde echter slechts een lichte graad van aantasting.

In figuur 13 is het verband tussen de aantasting door zwart wortelrot en de stand weergegeven. De standcijfers waren hierbij weer voor de invloed van de zuurgraad en het fosfaatgehalte van de grond gecorrigeerd.

De invloed van zwart wortelrot op de stand kon zeer betrouwbaar worden aangetoond. Hierbij moet worden opgemerkt, dat bij de beoordeling getracht werd, de invloed van de plekkerigheid op het gemiddelde produktieniveau in het standcijfer

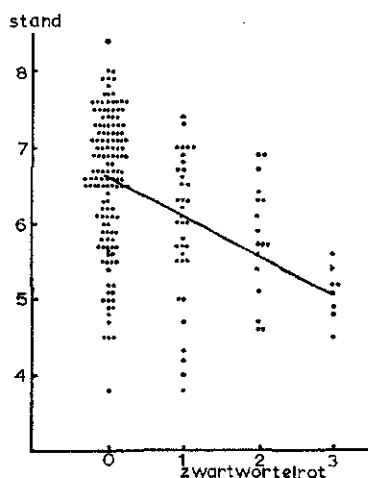


Fig. 13. Het verband tussen de aantasting door zwart wortelrot en de stand; 0-1-2 en 3 resp. geen, een lichte, een matige en een zware aantasting

Fig. 13. The relation between black rootrot infestation (*Pratylenchus penetrans* (COBB)) and the crop vigour. 0 = no symptoms; 3 = many and severe symptoms of nematode infestation

tot uitdrukking te brengen. De aangetaste plekken kunnen voorkomen in overigens normaal ontwikkelde gewassen. Berekend werd, dat een lichte, een matige en een zware aantasting een gemiddelde achteruitgang in produktieniveau ten opzichte van niet besmette percelen gaf met respectievelijk 8, 17 en 29 kg aardbeien per are.

De aantasting bleek voorts duidelijk met de leeftijd van het gewas samen te hangen. Bij één- en twee-jarige en oudere gewassen bedroeg deze gemiddeld 0,23, 0,50 en 1,04. De selectie naar zwart wortelrotsymptomen in figuur 13 is tot op zekere hoogte dus ook een selectie naar de ouderdom van het gewas geweest. Mede hierdoor is het mogelijk, dat het verband in figuur 13 de invloed van zwart wortelrot niet geheel zuiver weergeeft.

Bij de beoordeling van zwart wortelrot werd minder duidelijk dan bij *Verticillium* de indruk gekregen dat de plekkerigheid samenhang met de toestand van het gewas buiten de aangetaste plaatsen. Toch zijn er aanwijzingen, dat ook de reactie op de aanwezigheid van wortelaaltjes af kan hangen van de groeikracht van het gewas. KIRKPATRICK e.a. (24) bv. vonden bij morellen een kleinere populatiedichtheid van *P. penetrans* bij bomen die als gevolg van een sterkere kalibemesting een betere groei vertoonden.

In ons materiaal werd nog wel enig verband gevonden tussen symptomen van zwart wortelrot en verschillen in de natuurlijke vochtvoorziening. Bij niet met formaline ontsmette percelen, die als laag boven het gemiddelde grondwaterpeil werden geclassificeerd, werd een gemiddelde aantasting van 0,38 berekend als het grondwater op 26 juli 1955 niet dieper dan 85 cm stond. Op percelen binnen deze categorie, waar het water dieper wegzakte (vergelijk figuur 11) bedroeg de aantasting gemiddeld 1,55. Op niet ontsmette matig tot hoog geclassificeerde percelen bleek de reactie op de aantasting nog enigszins van de bevoeiing af te hangen. Niet bevoeide percelen hadden een aantastingscijfer van 0,57, bevoeide van 0,40.

Ook deze waarnemingen kunnen een aanwijzing zijn, dat het verband in figuur 13 geen geheel zuivere weergave van de invloed van zwart wortelrot is. Een samenhang tussen de reactie van aardbeiplanten op wortelaaltjes en uiteenlopende omstandigheden van vochtvoorziening lijkt wel voor de hand te liggen. Ook bij zwart wortelrot worden de mogelijkheden van watertransport in de plant sterk belemmerd. Een aantasting zal bij relatief slechte vochtvoorziening dan extra ernstige gevolgen hebben. In droge jaren ziet men dan ook eerder verwelkingssymptomen. Tegen wortelaaltjes kan weinig anders worden ondernomen dan een grondontsmetting. Wij komen hierop later nog terug. Diepspitten heeft geen resultaat (KLINKENBERG, zie KRONENBERG e.a. 27).

## 6.4 Grondontsmetting met formaline

Met het oog op de vele *Verticillium*- en zwart-wortelrotsymptomen werd bij de beoordeling van de percelen aangetekend of tegen deze ziekten vóór het planten grondontsmetting was uitgevoerd. Dit bleek bij 34% van de percelen het geval te zijn



geweest. Het percentage ontsmette percelen was bij de één- en twee-jarige gewassen vrijwel gelijk, bij oudere gewassen was de grond slechts in een enkel geval ontsmet. De behandeling, die in hstk. 4 is beschreven, vond in die tijd nog uitsluitend plaats met formaline. In latere jaren werden ook DD, chloorpicrine- en Na-N-methyldithiocarbamaat-bevattende middelen toegepast. Deze zijn weliswaar duurder maar ze hebben een veel vollediger aaltjesdodende werking (KLINKENBERG, 25).

In tabel 2 zijn voor de niet en wel ontsmette akkers de gemiddelde standcijfers en de beoordeling van de *Verticillium*- en zwart- wortelrotsymptomen weergegeven voor één- en twee-jarige gewassen.

Tabel 2. De gemiddelde stand-, *Verticillium*- en zwart wortelrotcijfers bij niet en wel ontsmette akkers

Veldjes/ <i>Fields</i>		Leeftijd gewas/ <i>Age of the crop</i>	
		1 jaar/ <i>year</i>	2 jaar/ <i>year</i>
stand/ <i>vigour marks</i>	niet ontsmet/ <i>non sterilized</i>	6,26	6,42
	ontsmet/ <i>sterilized</i>	6,64	6,62
<i>Verticillium</i>	niet ontsmet/ <i>non sterilized</i>	1,98	1,35
	ontsmet/ <i>sterilized</i>	1,13	0,90
zwart wortelrot/ <i>black rootrot</i>	niet ontsmet/ <i>non sterilized</i>	0,31	0,61
	ontsmet/ <i>sterilized</i>	0,13	0,34

Table 2. Average vigour marks, *Verticillium*- and black rootrot symptoms of non-sterilized and sterilized fields. Crops one and two years old

In figuur 14 is voor deze categorieën bovendien het verband tussen de *Verticillium*- en de standcijfers weergegeven. Voor tabel 2 en figuur 14 zijn weer standcijfers gebruikt na correctie voor de invloed van de zuurgraad en de fosfaattoestand van de grond. Het niveau van de lijn voor niet ontsmette één-jarige gewassen wijkt betrouwbaar af van dat van de overige lijnen in deze figuur.

Uit tabel 2 blijkt, dat ontsmette percelen duidelijk minder *Verticillium* en zwart wortelrot vertoonden dan de niet ontsmette. Deze percelen hebben ook iets hogere standcijfers. Uit deze verschillen mag men echter geen gevolgtrekking maken over het kwantitatieve effect van de grondbehandeling, omdat de uitgangstoestand van beide groepen niet gelijk behoeft te zijn geweest. Men mag veronderstellen dat de groep van ontsmette percelen bij achterwege laten van de formalinebehandeling een slechtere stand en meer ziekteverschijnselen zou hebben laten zien dan de groep van niet ontsmette percelen. Men moet immers aannemen dat de ontsmetting overwegend werd uitgevoerd op akkers waar bij een vorig aardbeigewas veel aaltjes- of *Verticillium*-symptomen voorkwamen. Uit de beschouwing in par. 6.2 en 6.3 volgt dat hier ook andere groeiomstandigheden, bv. de vochtvoorziening, relatief minder gunstig zullen zijn geweest. Het gemiddelde effect van de grondontsmetting moet dus wel groter zijn geweest dan door onze gegevens wordt gesuggereerd.

Tabel 2 laat zien dat de verschillen in stand en *Verticillium* bij één-jarige gewassen wat groter zijn dan bij twee-jarige. Ook figuur 14 laat zien dat ontsmette percelen vooral bij één-jarige gewassen bij eenzelfde stand minder *Verticillium*symptomen vertonen. Mogelijk wijst dit op enige achteruitgang van het effect van de ontsmetting bij toenemende leeftijd van het gewas, dus op een slechts tijdelijk effect van de maatregel.

Het feit dat de lijnen voor ontsmette percelen in figuur 14 op een lager niveau liggen dan die voor niet ontsmette percelen, geeft overigens steun aan de in par. 6.2 geuite veronderstelling dat de samenhang tussen stand en *Verticillium*symptomen in figuur 9 geen zuiver oorzakelijk verband weergeeft. Was dit wel het geval, dan zouden de lijnen voor niet en wel ontsmette percelen vrijwel op elkaar moeten vallen.

Fig. 14. Het verband tussen de *Verticillium*symptomen en de gecorrigeerde standcijfers voor niet en wel ontsmette, één- en twee-jarige gewassen

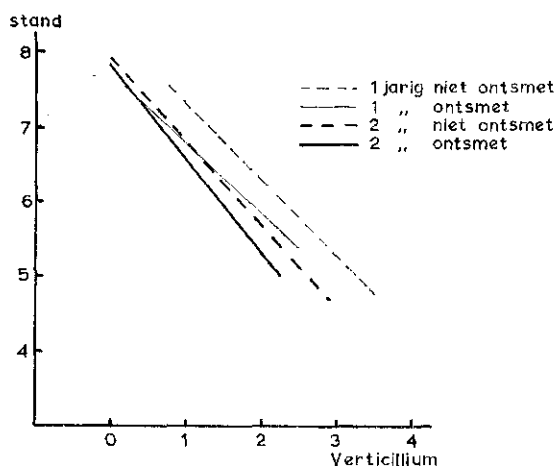


Fig. 14. Relationship between *Verticillium*symptoms and vigour marks for crops on sterilized or non-sterilized fields, one or two years old

Uit tabel 2 kan met behulp van het verband in figuur 5 worden berekend, dat het verschil in stand tussen wel en niet ontsmet voor één- en twee-jarige gewassen overeenkomt met slechts 7 respectievelijk 3 kg aardbeien per are. De hierboven geuite mening, dat het gemiddelde effect van de grondontsmetting in werkelijkheid wel groter zal zijn geweest, vindt steun in de resultaten van proeven die tussen 1946 en 1957 op de proeftuin 'De Duinstreek van Holland' te Heemskerk werden uitgevoerd (3). In deze proeven was de grondontsmetting vooral gericht op de bestrijding van zwart wortelrot. Met formaline werden op met aaltjes besmette akkers meer opbrengsten tot 41 kg aardbeien per are verkregen. Bij een in 1949 ingeplant perceel gaf een behandeling in februari met 30 liter formaline per are een meeropbrengst van 41 kg in het eerste en van 22 kg per are in het tweede plukjaar. In een latere proef bleek 30 liter formaline per are veel effectiever te zijn dan 15 liter. De aaltjesdodende werking van formaline bleek

niet steeds voldoende groot te zijn. Een behandeling met het veel effectievere middel DD was echter enige malen duurder en nauwelijks rendabel.

Een formaline-behandeling na het inwerken van stalmest gaf een meeropbrengst op met aaltjes besmette grond van 39 kg per are. Vond de behandeling vóór het inspitten plaats, zodat bij het inwerken van de mest blijkbaar niet ontsmette ondergrond naar boven werd gebracht, dan bedroeg de meeropbrengst slechts 20 kg per are.

Werd de formaline te kort voor het planten uitgegoten, dan bestond er kans op schade aan het gewas. Soms had de behandeling weinig effect. Ook in de praktijk was het resultaat van de formalinebehandeling soms teleurstellend. Omdat ook de in de praktijk behandelende percelen zeker met *Verticillium* of met aaltjes besmet zullen zijn geweest mag uit de bovengenoemde ervaringen wel worden geconcludeerd, dat het gemiddelde resultaat van de grondontsmetting groter zal zijn geweest dan uit tabel 2 werd berekend. Toch blijkt uit deze gegevens dat op de ontsmette akkers nog heel wat *Verticillium*- en daarnaast nog zwart wortelrotsymptomen werden aangetroffen. Op niet ontsmette akkers kwamen duidelijke tot ernstige *Verticillium*verschijnselen bij 48 %, op ontsmette akkers bij 18 % van de percelen voor. Duidelijk tot zwaar zwart wortelrot kwam op niet ontsmette akkers voor bij 16 %, op ontsmette akkers bij 7 % van de percelen. Hoewel het verschil tussen niet en wel ontsmet dus duidelijk was, werd gemiddeld toch allerm minst een uitschakeling van de genoemde ziekteverschijnselen bereikt. De vraag is nu, hoe hiervoor een verklaring is te vinden.

OOSTENBRINK (35) wijst erop, dat bij zwart wortelrot niet aan een besmetting via het plantgoed maar aan het reeds vóór het planten in de grond aanwezig zijn van aaltjes moet worden gedacht. MEYNEKE (30) constateerde dat wortels, die van een vorig aangetast gewas in de grond zijn blijven zitten, ondanks grondontsmetting een bron van herbesmetting kunnen vormen. Het voorkomen van ziekteverschijnselen, ondanks grondontsmetting kan dus, afgezien van de mogelijkheid van herbesmetting door stuwende grond, gezocht worden in de mate waarin *Verticillium* en aaltjes bij de gebruikelijke toepassing van formaline worden uitgeschakeld. Daarbij kan gedacht worden aan de omstandigheden waaronder de grondontsmetting plaats vindt. Na het uitgieten in de winter wordt met slechts weinig water, overeenkomend met 3-4 mm neerslag, nagegoten. De vochttoestand van de grond tijdens het gieten en neerslag vlak daarna, zullen een grote invloed op de indringing van het middel en op de mate en diepte van ontsmetting kunnen hebben. Daarbij moet gezien de bewortelingsdiepte van de aardbei worden verondersteld, dat zowel *Verticillium* als aaltjes tot verscheidene dm diepte in de grond aanwezig kunnen zijn. De kans dat de ontsmetting beperkt blijft tot een te ondiepe bodemlaag, lijkt dan vrij groot te zijn.

Bij het verdere onderzoek bleek het verschil tussen niet en wel ontsmet nog samen te hangen met het gedrag van het grondwater. Wij komen in par. 6.7 hierop nog terug.

## 6.5 Invloed van het grondwater op niet bevoeide percelen

In par. 2.3 werd reeds een beschrijving gegeven van enkele hydrologische kenmerken van het gebied. In hoofdstuk 3 werd erop gewezen, dat het gedrag van het grondwater met de metingen in de zomer van 1955 zeer onvoldoende was vastgelegd, temeer omdat de invloed van dit water sterk en vrij ingewikkeld leek te zijn en de indruk werd gekregen dat de door VISSER (47, 48, 49) hierover gegeven zienswijze zou moeten worden aangevuld. VISSER vond bij een achttal proefveldjes met Oberschlesiën in Kennemerland een duidelijk negatief verband tussen de opbrengst van het gewas en de mate van jaarfluctuatie van het grondwater. Hij kende aan deze schommeling een grotere invloed toe dan aan de hoogteligging van het perceel boven het gemiddelde grondwaterpeil. Zoals uit onze gegevens zal blijken, mag de invloed van de grondwaterschommeling waarschijnlijk niet los worden gezien van de diepte onder het maaiveld waarop deze schommeling zich voltrekt.

Om nog wat nadere gegevens over het grondwater te krijgen werden schattingen over de gemiddelde hoogteligging boven en de jaarfluctuatie van dit water uitgevoerd. Deze schattingen zijn in hoofdstuk 5 beschreven. De op verschillende data tussen 14 juli en 3 augustus waargenomen grondwaterstanden werden in eerste instantie herleid voor de toestand op de gemiddelde opnamedatum 26 juli (hoofdstuk 4). Tijdens de bewerking van de gegevens leek het voor de hand liggend, de ontwikkeling van het gewas in verband te brengen met de diepst optredende grondwaterstanden. Uit figuur 15, die het verloop van het grondwater van enkele buizen uit figuur 7 vereenvoudigd weergeeft blijkt nl. dat het moment van diepste grondwaterstand later valt naarmate het perceel hoger boven het grondwater ligt. Het peil van het water op onze proefplekken zal dus, vooral op de percelen met de diepste grondwaterstanden, na 26 juli nog iets verder zijn gedaald. Op de reeds naar één opname datum herleide gegevens werd nu met behulp van figuur 15 een tweede correctie uitgevoerd, waarbij het waterpeil voor een aantal percelen nog iets verder werd verlaagd. Deze correctie leverde tenslotte een redelijke benadering op van de diepste in 1955 opgetreden grondwaterstanden. Deze vertoonden een spreiding van 60 tot 130 cm beneden maaiveld.

Ons onderzoek werd uitgevoerd in een jaar waarin veel bedrijven reeds van bevoeiing profiteerden. Een duidelijker beeld over de invloed van het natuurlijke gedrag van het grondwater zou dit onderzoek waarschijnlijk hebben opgeleverd wanneer het enkele jaren eerder had plaats gevonden. Situaties met extreem lage waterstanden in de zomer zouden dan vaker zijn voorgekomen. Na 1955 onderging de eigen watervoorziening nog een aanzienlijk verdere uitbreiding.

Van de 200 onderzochte percelen konden er 75 bevoeid worden, terwijl op 6 niet bevoeide akkers door randwerking een gunstige invloed van naburige bevoeiingsinstallaties moest worden verondersteld. Van de overige 119 niet bevoeide akkers hadden er 4 afwijkende profielen met klei in de ondergrond (overgangsgronden) terwijl de grondwaterstand op één bedrijf niet was opgenomen. Er bleven dus 114 niet bevoeide akkers over, waarvoor de samenhang tussen de stand van het gewas en het grondwater kon worden nagegaan. Wat de schattingen over de hoogteligging boven

Fig. 15. Vereenvoudigde weergave van het verloop van het grondwater in 1955 voor een aantal peilbuizen en welputten uit fig. 7.

--- gemiddelde opnamedatum van de proefplekken,  
 — verband tussen de diepste grondwaterstand en het moment waarop deze optrad

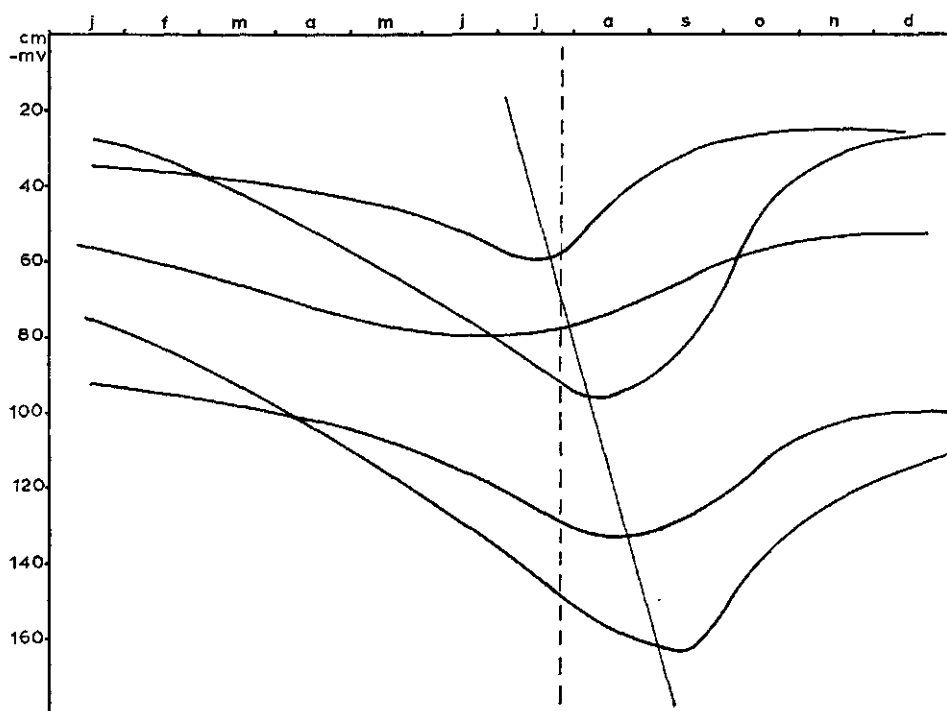


Fig. 15. Simplified presentation of 5 curves taken from figure 7.

--- mean observation date of the 200 strawberry fields,  
 — relationship between the lowest groundwater table at a certain spot and the date on which this level was reached

het grondwater betreft zij vermeld, dat van de 115 niet bevoeide akkers er 22, 73 en 20 respectievelijk vielen in de klassen I, II, en III (laag, middelhoog en hoog). Het grote aantal in de klasse 'middelhoog' wijst op een aantal twijfelgevallen.

Het verband tussen het gewas en de 'diepste' grondwaterstand is weergegeven in de figuren 16-18. Figuur 16 geeft de samenhang weer voor de waargenomen standcijfers van alle niet bevoeide akkers. Na correctie van de standcijfers voor de invloed van de zuurgraad en de fosfaattoestand ontstaat figuur 17. Deze correctie heeft geen duidelijk nauwere aansluiting van de punten om de gemiddelde lijn opgeleverd. Dit kan erop wijzen dat de invloed van de zuurgraad en van de fosfaattoestand niet bijzonder sterk is geweest. Ook zou door de correctie tevens een deel van de met het grondwater samenhangende variatie in stand kunnen zijn geëlimineerd. De veronderstelling dat de fosfaattoestand of de zuurgraad gedeeltelijk met de hydrologische toestand gekoppelde factoren zouden kunnen zijn, lijkt op het eerste gezicht weinig voor de hand

Fig. 16. Het verband tussen de waargenomen standcijfers van niet bevoeide akkers en de diepste grondwaterstanden in de zomer van 1955

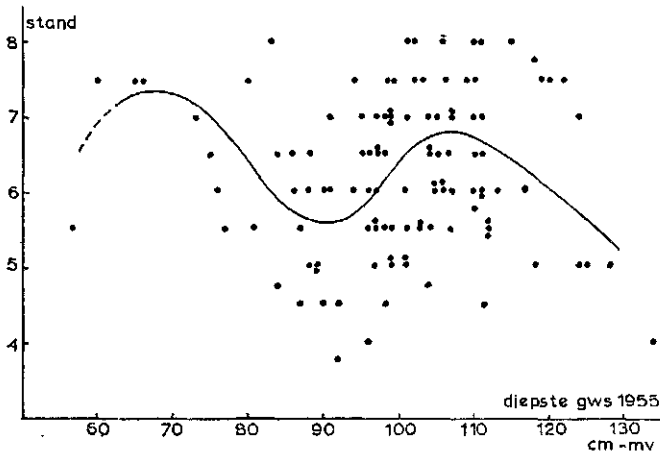


Fig. 16. The relationship between the vigour of the crop and the deepest groundwater table in the summer of 1955 for non-irrigated fields

Fig. 17. Het verband uit figuur 16 na correctie van de standcijfers voor de invloed van de zuurgraad en de fosfaattoestand van de grond

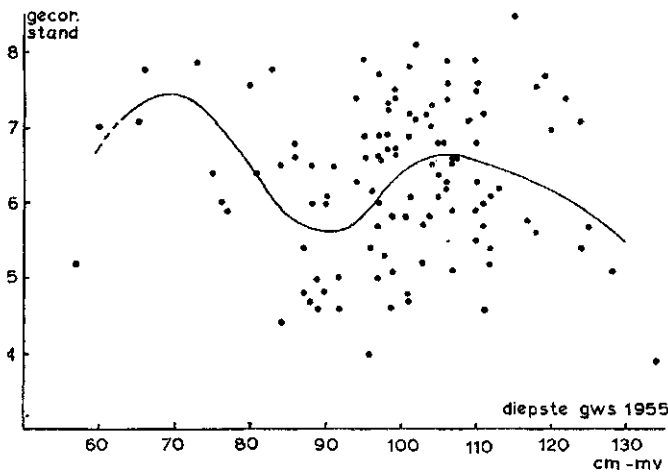


Fig. 17. As figure 16 after correction of vigour marks in order to eliminate the influence of differences in pH and phosphate status of the soil

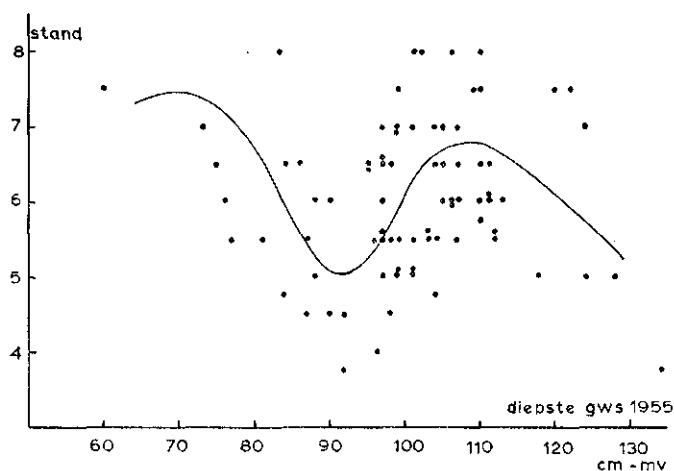
liggend. Voor de zuurgraad moet deze mogelijkheid echter niet uitgesloten worden geacht.

Bij hoge pH's werd een vrij duidelijke achteruitgang van de stand geconstateerd. Deze werd door de correctie dan ook geëlimineerd. Een groot deel van de gronden met hoge pH's (pH-KCl 7-8) is echter tevens kalkhoudend en ligt in het uiterste westen aan of nabij de voet van het jonge duinlandschap. Juist hier ondervinden vele akkers in de winter wateroverlast en droogteschade in de zomer bij relatief diep wegzakken van het water. De achteruitgang van het gewas bij zeer hoge pH zou dan voor een deel op een ongunstige invloed van de waterhuishouding kunnen berusten. De hier uitgevoerde correctie voor de invloed van de pH lijkt dan niet geheel verantwoord. Op de samenhang tussen de zuurgraad en de ligging in het gebied zal later nog worden ingegaan. Voor de bestudering van het verband tussen het gewas en het grondwater zal verder uitsluitend van de waargenomen standcijfers gebruik worden gemaakt.

Bij de bestudering van het verschil in stand tussen niet en wel met formaline ontsmette percelen (par. 6.7), werd een afhankelijkheid van dit verschil van de jaarschommeling van het grondwater gevonden. De variatie in de stand kon voor een deel uit de invloed van de ontsmetting van de grond worden verklaard. Het verband in figuur 16 wordt dan ook iets duidelijker, wanneer de met formaline ontsmette akkers worden weggelaten (figuur 18). Voor deze akkers bleek het verband met het grondwater mede als gevolg van het wisselende effect van de grondontsmetting en door het kleine aantal gevallen, onduidelijk zijn. Een splitsing van het materiaal naar één-jarige en oudere gewassen leerde tenslotte, dat het verband in figuur 16 onafhankelijk is van de leeftijd van het gewas.

In figuur 16 valt in de eerste plaats op het bestaan van twee diepten van het grondwater

*Fig. 18. Als figuur 16 na uitschakeling van met formaline ontsmette akkers*



*Fig. 18. As fig. 16, but for non-sterilized fields only*

waarbij een naar verhouding gunstige ontwikkeling van het gewas werd aangetroffen: bij 105 tot 110 en – minder duidelijk – bij 70 cm-mv. Bij systematisch uitzoeken van proefplekken met extreem hoge en lage grondwaterstanden zou dit wat ingewikkeld aandoende verband duidelijker hebben kunnen blijken. Opgemerkt moet worden dat als gevolg van de in 1955 reeds op flinke schaal toegepaste bevoeiing, percelen met grondwaterstanden dieper dan 120 cm-mv zeer moeilijk te vinden zullen zijn geweest.

De sterke verandering in stand bij opvallend kleine verschillen in diepte van het grondwater wijst erop dat het gewas sterk afhankelijk is van het grondwater. Het opstellen van een verklaring van het weergegeven verband zou zonder nadere gegevens een tamelijk speculatieve aangelegenheid zijn. Wel kan worden vermoed dat het materiaal gewassen omvat die ten aanzien van de grondwaterdiepte uiteenlopende eisen stellen. Gezien de geringe capillaire opstijging van het grondwater en het kleine vochtbergende vermogen van deze zandgronden ligt het voor de hand hierbij aan een variatie in bewortelingsdiepten te denken. Deze zou weer het gevolg van het gedrag van het grondwater kunnen zijn. Men zou uit het verschil in ligging van de beide optima in figuur 16 tot de voorlopig nog voorbarige veronderstelling kunnen komen dat twee groepen van bewortelingsdiepten, die onderling ca. 35–40 cm verschillen, naar verhouding sterk in het materiaal moeten zijn vertegenwoordigd. De achteruitgang van het gewas bij grondwaterstanden tussen 70 en 90 cm en beneden 110 cm-mv zou dan betrekking kunnen hebben op de groepen met korte respectievelijk lange wortelstelstels. In het volgende zal worden getracht deze veronderstelling aannemelijk te maken.

Wij zullen thans nagaan, wat de indeling in hoogteligging en jaarfluctuatie volgens de

Fig. 19. Het verband tussen de stand van niet bevoeide percelen en de jaarschommeling van het grondwater bij een geschatte hoogteligging I, II of III, respectievelijk laag, middelhoog en hoog boven het gemiddelde grondwaterpeil; a tot c toenemende jaarfluctuatie

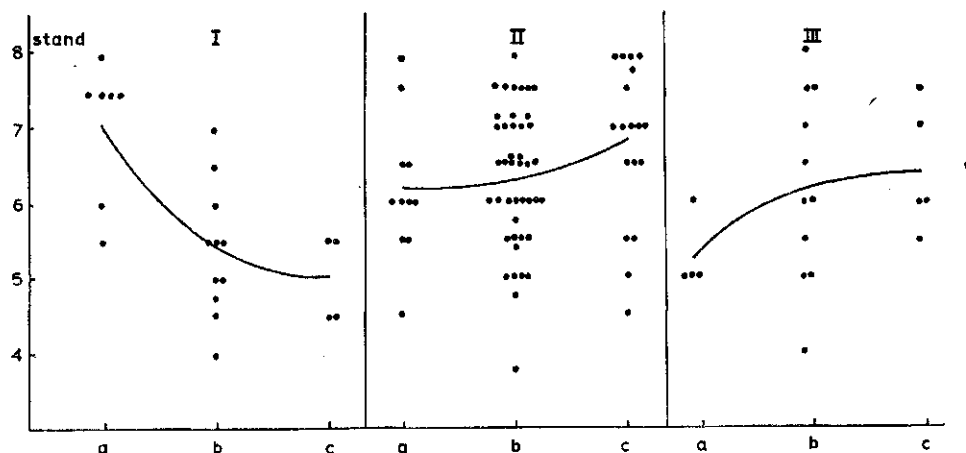
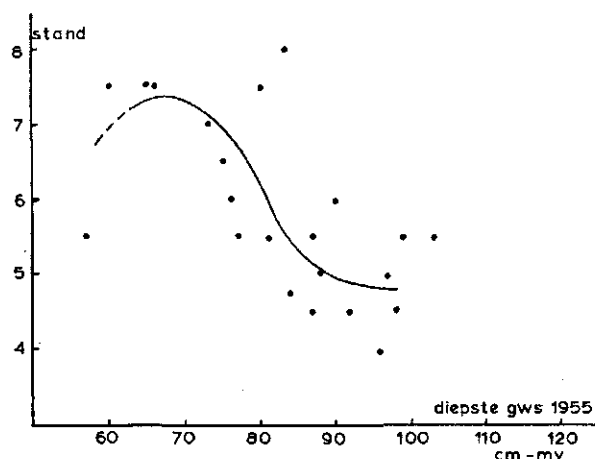


Fig. 19. The effect of increasing estimated seasonal fluctuations of the groundwater table (a, b, c) on strawberry crops. I, II and III low, medium high and high situation above the average groundwater level



op ervaring berustende schattingen aan inzicht kan opleveren. In figuur 19 is de stand voor de drie hoogteklassen uitgezet tegen de relatieve verschillen in jaarfluctuatie. Voor de als laag (I) aangemerkte percelen blijkt de stand zeer sterk achteruit te gaan naarmate het geschatte verschil tussen winter- en zomerwaterstand toeneemt. Deze invloed, die van groep a tot c met een achteruitgang in produktie van ca. 138 naar 100 kg per are overeenkomt (figuur 5), werd bij statistische toetsing zeer betrouwbaar aangetoond en men moet aannemen dat dit zeer ongunstige effect van de jaarfluctuatie bij betrekkelijk laag gelegen percelen uitgangspunt is geweest voor de door VISSER (48) opgestelde beschouwing over de invloed van het grondwater. Uit figuur 8, waarin de samenhang tussen de schattingen en de tot de gemiddelde opnamedatum herleide grondwaterstanden is weergegeven, zou men kunnen afleiden dat de schattingen voor de groep I vermoedelijk meer berusten op kennis over het al dan niet diep wegzakken van het water in de zomer dan op kennis over verschillen in winterwaterstanden. Voor laag gelegen percelen zal de variatie in winterniveau's als gevolg van het effect van sloten ook minder groot zijn dan de variatie in zomerniveau's.

*Fig. 20. De invloed van de zomerwaterstand op de stand van het gewas op laag gelegen percelen (I)*



*Fig. 20. On fields relatively low above the groundwater level, the growth of the shallow rooting crop is closely related to the groundwater depth during the summer*

De zeer ongunstige invloed van diepere zomerwaterstanden bij lage ligging wordt bijzonder duidelijk wanneer de tot groep I behorende punten uit figuur 16 worden gelicht. Het verband met de grondwaterstand is voor deze groep weergegeven in figuur 20. Grondwaterstanden van 65 en 95 cm komen bij deze laag gelegen akkers volgens figuur 5 overeen met een produktievermogen van 142 resp. 94 kg per are.

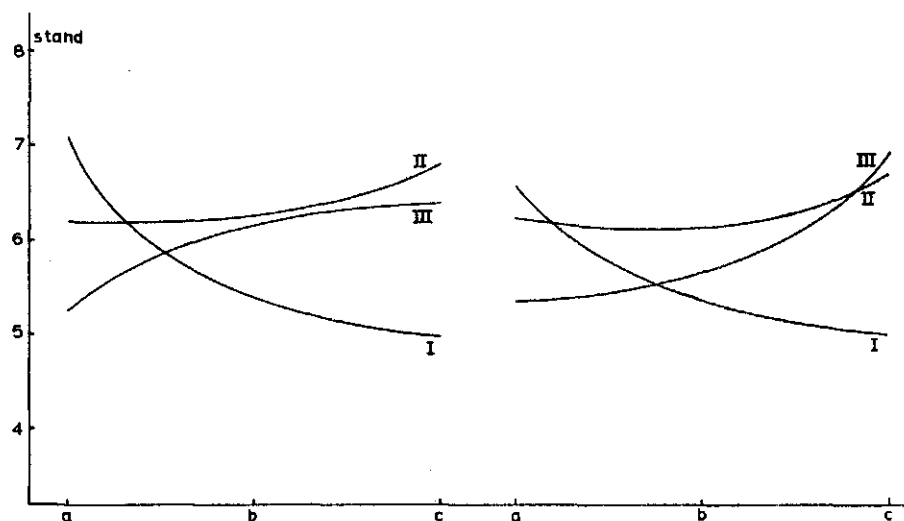
Voor de middelhoog en hoog geschatte akkers is de invloed van de door de schattingen gesuggereerde mate van schommeling veel geringer. Er lijkt eerder van een gunstige

invloed sprake te zijn. Figuur 19 laat een sterke variatie in stand binnen elk van deze groepen punten zien; statistische toetsing gaf voor beide hoogteklassen dan ook geen betrouwbare indicatie voor het bestaan van een gunstige invloed van toenemende fluctuatie. Opgemerkt zij, dat in de schattingen de werkelijke variatie in fluctuatie vermoedelijk sterk vervaagd tot uitdrukking is gekomen. De klassen a, b en c behoeven daarnaast ook in absolute zin voor de drie hoogteklassen niet met elkaar overeen te komen. In figuur 21 zijn de lijnen uit figuur 19 nog eens onderling vergelijkbaar weergegeven, terwijl het verband daarnaast nog voor niet met formaline ontsmette akkers is weergegeven.

*Fig. 21. De invloed van hoogteligging en grondwaterfluctuatie op de stand.*

*Links: alle niet bevoeide percelen;*

*Rechts: niet bevoeide percelen na uitschakeling van ontsmette akkers*



*Fig. 21. The relation between the crop and the estimated hydrological situation.*

*On left: for all fields without irrigation;*

*On right: the same for non-sterilized fields only*

De hogere ligging boven het grondwater van groep III ten opzichte van groep II blijkt met een achteruitgang in stand samen te gaan, een beeld dat volkomen in overeenstemming is met het feit dat de bevoeiingsmaatregelen vooral op de hoger boven het grondwater liggende bedrijven werden genomen. Bij de niet ontsmette akkers lijkt een gunstig effect van de fluctuatie nog duidelijker naar voren te komen, vooral bij de hoogst gelegen percelen.

Om het bestaan van een gunstige invloed van de grondwaterschommeling bij hoge ligging nader te toetsen werd voorts nog gebruik gemaakt van de door VISSER opge-

stelde rgs-kaart van dit gebied (figuur 3). Voor die percelen waar het grondwater dieper dan 95 cm zakte, dus voor de grotendeels in de groepen II en III vallende akkers, werd het verband tussen de stand en de uit de ligging op de kaart afgeleide rgs-waarden nagegaan. Onder de rgs-waarde wordt de relatieve jaarschommeling van het grondwater ten opzichte van de gemiddelde schommeling in het gehele gebied verstaan. Voor de niet ontsmette akkers is het verband met de stand weergegeven in figuur 22. Voor de meeste akkers binnen deze groep ligt de rgs-maat tussen 0,95 en 1,15. Grotere en kleinere waarden komen slechts weinig voor. Hieruit zou men de gevolgtrekking kunnen maken dat de verschillen in jaarschommeling voor de relatief hoog liggende percelen doorgaans slechts klein zijn. Uit het door VISSER gegeven verband tussen de opbrengst en de tussen 0,48 en 1,00 variërende rgs-maat zou men verder kunnen concluderen, dat de onderlinge verschillen in jaarfluctuatie voor de hier beschouwde gevallen zo klein zijn, dat hieruit nauwelijks grote verschillen in ontwikkeling van het gewas kunnen worden verwacht. Figuur 22 geeft geen aanwijzing dat de toch nog zeer grote variatie in stand voor een belangrijk deel uit verschillen in de jaarschommeling zou zijn te verklaren. Van een verband tussen de stand en de afgeleide rgs-waarden is nl. vrijwel geen sprake.

Fig. 22. De samenhang tussen de stand op niet bevoelde, niet ontsmette percelen met diepste grondwaterstanden in 1955 beneden 95 cm en de afgeleide rgs-waarden

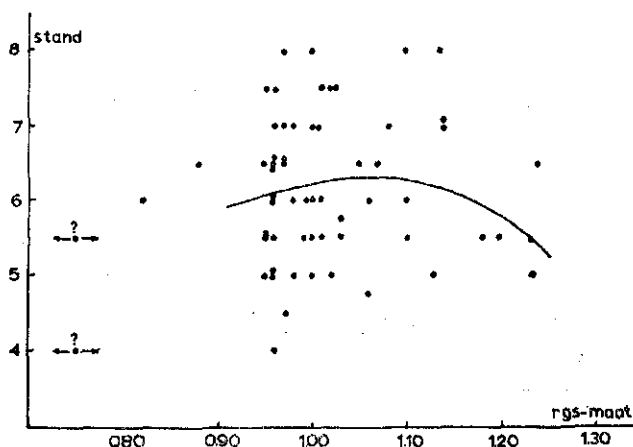


Fig. 22. The relationship between the crop and deduced rgs (relative groundwater fluctuation) values according to VISSER (48). Non-irrigated, non-sterilized fields with deepest groundwater level below 95 cm only

Opgemerkt moet worden, dat bij het opstellen van de rgs-kaart plaatselijke verschillen in fluctuatie, bv. voortvloeiende uit de ligging ten opzichte van afwateringsloten, zijn glad gestreken terwille van de overzichtelijkheid (VISSER 48).

De door ons van deze kaart afgeleide rgs-waarden geven de werkelijke situatie ter plaatse vermoedelijk dan ook sterk vervaagd en gedeeltelijk onjuist weer, reden

waarom in het voorgaande door schattingen getracht werd over de hydrologische verschillen nader te worden geïnformeerd.

Voor het toetsen van de in de figuren 19 en 21 weergegeven samenhangen werd tenslotte nog gebruik gemaakt van gegevens uit de profielbeschrijving. Hierbij was nl., zij het vrij sumier, aangegeven op welke diepte en in welke mate roestverschijnselen werden aangetroffen.

Het is bekend dat roest ontstaat in bodemlagen die zich afwisselend langdurig onder en boven de grondwaterspiegel bevinden. Naarmate de fluctuaties van het grondwater sterker zijn en zich dicht onder het maaiveld afspelen, mogen in de bovenste grondlagen meer roestverschijnselen worden verwacht. Voor de laag 0-60 cm werd nu uit de profielbeschrijving een maat vastgesteld voor de hoeveelheid roest. Tussen deze maat en de hoogte van het grondwater in de winter mocht een correlatie worden verwacht. Het niet voorkomen van roest binnen 60 cm duidt er bv. op dat het grondwater in de winter doorgaans niet langdurig hoger dan 60 cm-mv. staat.

De niet bevroren en tevens niet ontsmette akkers werden nu in twee groepen verdeeld: die waar het grondwater in 1955 minder diep en die waar het dieper dan 100 cm-mv zakte. Daarmee werd een ruwe indeling in laag en hoog gelegen akkers bereikt. Voor deze twee groepen is het verband tussen de stand en de hoeveelheid roest in figuur 23 weergegeven. Men bedenke dat de weergave van de hoeveelheid roest geen aanspraak op grote nauwkeurigheid kan maken.

Voor de laag gelegen akkers blijkt de stand achteruit te gaan naarmate de bovengrond meer roest bevat. Bij veel percelen uit deze groep was de bovengrond roestbruin van tint. Dergelijke gronden bevinden zich doorgaans in een enkele honderden meters brede strook langs de duinvoet, waar wateroverlast als gevolg van drangwater uit de duinen een bekend verschijnsel is. Het zijn vooral deze gronden waarvoor het verband in figuur 20 geldt.

Voor de hoger gelegen akkers blijkt de stand beter te worden wanneer binnen 60 cm een zekere hoeveelheid roest wordt aangetroffen. Pas bij zeer veel roest, waarbij vermoedelijk weer van wateroverlast en schade aan het wortelstelsel kan worden gesproken, lijkt de stand achteruit te gaan.

Figuur 23 geeft steun aan de op figuur 19 gebaseerde veronderstelling dat de invloed van de jaarschommeling van het grondwater niet mag los worden gezien van de hoogteligging van het perceel boven het grondwater. Zoals we later nog zullen toelichten, gaat een grotere jaarfluctuatie bij lage ligging steeds gepaard met een beperking van de worteldiepte. Hierdoor komt de gevoeligheid van het gewas voor lage waterstanden in de zomer versterkt naar voren. Bij een hoge ligging heeft een grotere fluctuatie binnen bepaalde grenzen geen invloed op het wortelstelsel. Voor zover hierbij sprake is van wat hogere waterstanden in de winter (kenbaar aan een matige hoeveelheid roest in de laag 0-60 cm), betekent een grotere fluctuatie hier een betere vochtvoorziening in het voorjaar.

De hier gevonden samenhang tussen het gewas en de diepte en jaarschommeling van het grondwater staat niet op zichzelf. BLOEMEN (6) vond een dergelijk verband bij winterrogge.

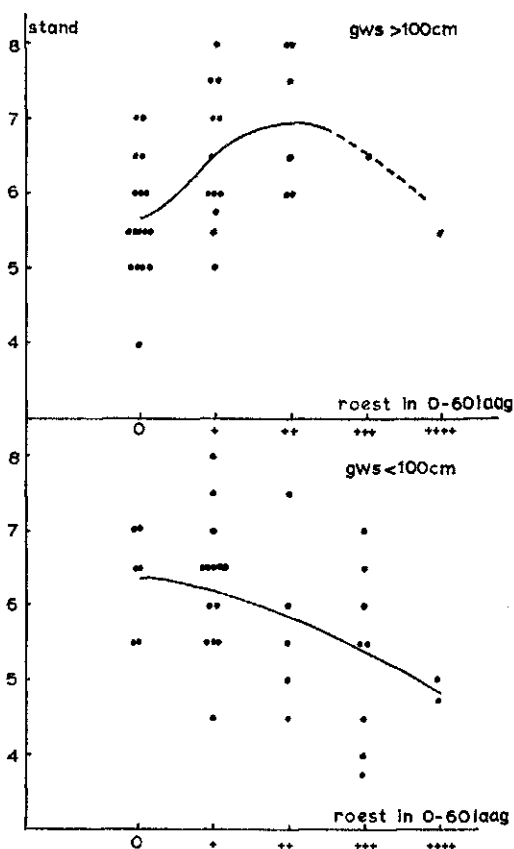


Fig. 23. De samenhang tussen de stand en roest in de laag 0-60 cm bij niet bevoeide, niet ontsmette percelen waarvan de diepste grondwaterstand in 1955 meer resp. minder dan 100 cm-mv bedroeg

Fig. 23. The relationship between the vigour of the crop and the occurrence of gley-rust spots in the 0-60 cm soil layer for fields with deepest groundwater levels in the summer below and above 100 cm resp.

Wij hebben tenslotte de hoeveelheid roest nog aangegeven in figuur 24 voor de niet bevoeide en niet ontsmette akkers. Enkele percelen moesten hierbij buiten beschouwing worden gelaten omdat de al of niet aanwezigheid van roest niet uit de profielbeschrijving kon worden afgeleid. Figuur 24 geeft de tendens weer dat de stand bij diepe grondwaterstanden ( $> 100$  cm-mv.) beter is, in gevallen waar roest in de 0-60 cm laag wordt aangetroffen: deze punten liggen relatief hoog in de figuur.

Uit de hierboven verkregen indrukken kan men afleiden dat een beoordeling van de natuurlijke waterhuishouding in verband met de eisen van de aardbeicultuur op eenvoudige wijze moet kunnen worden uitgevoerd. Daartoe zou men de diepste grondwaterstand in de zomer en de diepte en de hoeveelheid roest in het profiel - voor zover niet fossiel - moeten kennen. Bij ondiepe grondwaterstanden, bv. tot 90 cm, is de situatie gunstiger naarmate binnen 60 cm minder roest wordt aangetroffen. Bij zeer diepe grondwaterstanden, bv. beneden 100 cm, is de situatie relatief gunstig bij een matige hoeveelheid roest iets boven 60 cm. Zeer veel roest en afwezigheid hiervan zijn dan minder gunstig.

De hierboven gegeven uiteenzetting over de invloed van het grondwater bij niet

Fig. 24. Het verband uit figuur 18 met aanduiding van de hoeveelheid roest in de 0-60 cm laag. 1. geen roest; 2. iets roest; 3. matig roest; 4. veel roest; 5. zeer sterk roestig

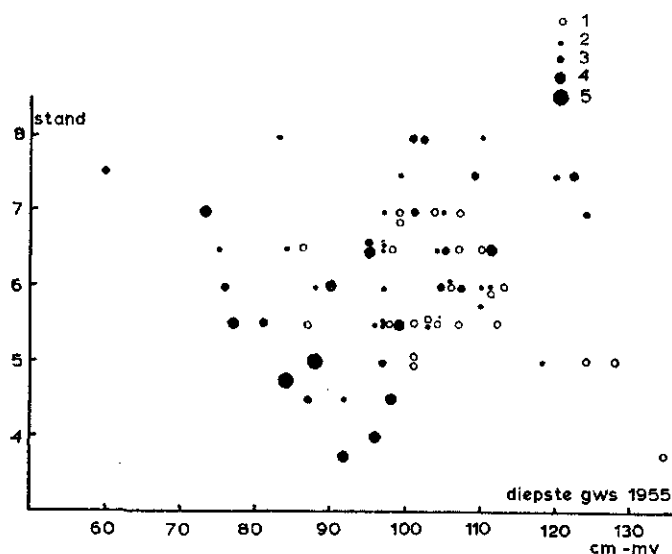


Fig. 24. The relationship between the crop and the deepest groundwater level in the summer for non-irrigated non-sterilized fields. The occurrence of gley-rust in the 0-60 cm layer is indicated. 1 = no gley-rust; 5 = extremely rusty with reddish coloured topsoil

bevloede akkers dient nog te worden afgerond met een beschouwing over de beworteling van de aardbei. Met name het voorkomen van twee korte trajecten van optimaal diepste zomerwaterstanden vraagt om een nadere verklaring. Bewortelingsonderzoek werd door ons niet verricht, zodat de in het volgende te geven voorstelling van zaken, gedeeltelijk opgesteld aan de hand van literatuurgegevens, gedeeltelijk aangepast aan de gevonden samenhangen, als veronderstelde situatie naar voren moet worden gebracht.

Over de beworteling van de aardbei bestaat redelijk veel literatuur. BOSSE (10) verrichtte onderzoek over de periodiciteit van de wortelgroei in bakken zonder grondwaterstand. GOEDEWAAGEN (20) bestudeerde de beworteling in bakken met duinzand en humeus diluviaal zand bij drie constante grondwaterstanden en voorts op de proefplekken van VISSER. ROM en DANA (39) onderzochten de wortelontwikkeling bij jonge uitloperplanten. NELSON en STEPHEN (33) en, reeds in 1924 MANN (29) onderzochten de ontwikkeling, de functie en de anatomie van de aardbeiwortel. VAN DER KLOES e.a. (26) gingen de beworteling na op humeuze zandgronden. Aan deze auteurs en vooral aan BOSSE en aan GOEDEWAAGEN ontleen wij de volgende beschrijving.

De aardbei vertoont twee duidelijke fasen in de wortelgroei. De eerste vangt aan omstreeks eind april en bestaat uitsluitend uit vertakkingen op bestaande wortels.

Daarbij worden groeisnelheden van 2–4 mm per dag bereikt. Van dieptegroei is hierbij nauwelijks sprake. Deze groei komt omstreeks eind juni tot stilstand.

Bij de tweede fase komen in de eerste helft van juli enkele bijwortels uit de wortelkroon tevoorschijn. Deze groeien snel in de diepte, bereiken onder gunstige omstandigheden snelheden van ruim 10 mm per dag en vertakken zich tevens sterk. Deze dieptegroei neemt in de loop van september af. Na half september, waarschijnlijk door fotoperiodische invloeden, vindt vrijwel geen dieptegroei meer plaats. BOSSE nam bij in het voorjaar geplante aardbeien, waarschijnlijk onder gunstige vochtomstandigheden, een dieptegroei tot ruim 100 cm waar. De tot eind juni gevormde fijne zijwortels uit de eerste fase van de wortelgroei stierven daarbij in augustus en september af. Hij vond aan het eind van het seizoen alleen tussen 50 en 110 cm nog levende en tot vochtopname in staat zijnde wortels. Dit verklaart waarschijnlijk de sterke achteruitgang van een gewas in de loop van de zomer als het grondwater op een laagliggende akker snel stijgt (VISSER, 48). De vitale wortels bevinden zich dan grotendeels onder het grondwater.

Het kenmerkende van adventief- of bijwortels is, dat ze met hun hoofdvertakkingen overjarig zijn. MANN vond dat drie jaar oude adventiefwortels nog volledig intact kunnen zijn. Zij dienen enerzijds als opslagplaats voor reservevoedsel, anderzijds ontstaan hierop in het voorjaar nieuwe vertakkingen. Met de stadia in de wortelgroei hangen sterke variaties in het zetmeelgehalte van de wortels samen. Ophoping van zetmeel wordt in rustperiodes aangetroffen: na de herfstgroei en aan het einde van de voorjaarsgroei, dus eind juni. Nieuwe wortelgroei gaat samen met de afbraak van zetmeel.

Een belangrijk facet van onze beschouwing ter verklaring van de gevonden invloed van het grondwater vormt de dieptegroei na de oogst. Hoewel een diepte tot ruim 100 cm mogelijk schijnt te zijn, lijkt de veronderstelling gewettigd dat de hoofdmassa van de wortels in Kennemerland op de hoog boven het grondwater liggende percelen *doorgaans* niet veel dieper gaat dan ca. 70–75 cm. Twee argumenten zijn hiervoor aan te voeren.

Uit het werk van GOEDEWAAGEN (20) in bakken met duinzand bleek, dat de dieptegroei bij een constante grondwaterstand van 90 cm sterk achter bleef bij die waar het water op 70 cm stond. De wortelgroei neemt nl. sterk af bij toename van de vochtspanning (BIERHUIZEN en PLOEGMAN (5)). Aangezien het grondwater in Kennemerland op de hoog liggende percelen in de zomer veel dieper staat dan 90 cm en het vochtbergend vermogen van deze gronden gering is, zal de wortelgroei door een beperkte vochtvoorziening *doorgaans* vertraagd worden. Dat hierbij een massale uitbreiding van de wortels tot grotere diepten dan 75 cm wel tot de uitzonderingen zal behoren wordt bevestigd door waarnemingen van KLINKENBERG (zie KRONENBERG e.a. 27). Zij vond in duinzandgronden ook bij diepe ontwatering een wortelgroei van *doorgaans* niet meer dan 70 cm. De grootste wortelmassa wordt dan in diepere grondlagen aangetroffen. NELSON en STEPHEN (33) vonden op lichte zandgronden in Californië eveneens een dieptegroei tot ca. 70 cm. VAN DER KLOES e.a. (26) vonden in humeuze zandgronden slechts bij uitzondering wortelstelsels dieper dan 80 cm.

Een tweede omstandigheid die bij de beworteling zeer vermoedelijk een rol speelt is de diepte tot waar deze gronden gediëpspit werden. Meestal vond dit tot 70 à 80 cm plaats. Daaronder wordt dichtgepakt, humusarm geel of grijs zand aangetroffen dat vermoedelijk een mechanische belemmering voor de beworteling vormt. (BUTJN 14). Voor een aantal gevallen waarvan de bewerkingdiepte uit de aantekeningen kon worden afgeleid, werd een zwakke correlatie tussen de stand en de bewerkingdiepte gevonden: waar de grond tot 90 à 100 cm was bewerkt was de stand iets beter dan waar dit tot 70 à 80 cm had plaats gevonden.

Aan de hand van de over de beworteling verkregen inzichten en met behulp van de gegevens over het grondwater werd nu de door ons veronderstelde samenhang tussen het grondwater en de beworteling sterk geschematiseerd weergegeven in de figuren 25-28. Hierbij werd van 4 situaties uitgegaan. De figuren 25 en 26 hebben betrekking op laag gelegen percelen, waarbij in analogie met figuur 20 diepste grondwaterstanden van 60 resp. 90 cm-mv. werden verondersteld. De lage ligging ten opzichte van het grondwater is bij deze akkers niet zozeer een gevolg van topografische verschillen, maar wordt veroorzaakt door de invloed van uit de duinen toestromend drangwater. De hoge winterwaterstanden variëren hier als gevolg van de aanwezigheid van afwateringssloten minder dan de zomerwaterstanden, zodat bij deze gevallen van gelijke niveau van 30 cm-mv werd uitgegaan. De figuren 27 en 28 stellen een gemiddeld matig hoge ligging voor, waarbij het verschil in jaarfluctuatie merkbaar is aan verschillende niveau's in de winter, terwijl de waterstanden in de zomer hier gelijk zijn.

In de figuren is het geschematiseerde verloop van het grondwater in het plant- en in het eerste plukjaar weergegeven. Door arcering is de dikte van de vol-capillaire en het midden van de open-capillaire zône aangegeven. De situatie bij deze vier gevallen zal nu nader worden besproken.

*Lage ligging, kleine jaarschommeling* (figuur 25, geval Ia in figuur 19). Het moment van diepste grondwaterstand wordt hier reeds half juli bereikt. Als gevolg van de invloed van drangwater stijgt het water reeds vanaf het begin van de eerste zomerneerslag van betekenis. Het winterniveau wordt reeds begin september bereikt, aanzienlijk vroeger dan bij verder van de duinen en hoger boven het water gelegen akkers het geval is. De daling van het grondwater wordt, wederom als gevolg van drangwater, pas vanaf begin april duidelijk merkbaar.

De geringe jaarschommeling (30 cm) is hier een gevolg van het in werking treden van afwateringssloten, die gemiddelde grondwaterstanden hoger dan ongeveer 30 cm verhinderen. Zonder deze drainerende werking zou het water veel hoger stijgen en zou het in regenrijke perioden zelfs bovengronds afvloeien. In overeenstemming met de gegevens van VISSER (48) is de vol-capillaire zône bij deze wat sterker humushoudende grond (3-4% humus) door de iets grotere opdrachtheid op 15 cm boven het grondwater gedacht. Het midden van de open-capillaire zône, het niveau waarop wortels nog duidelijk van capillair water kunnen profiteren, is hier op 40 cm boven het grondwater gesteld. Voorjaarsplanting vindt plaats omstreeks half april; vanaf begin mei vindt door vertakking een geringe uitbreiding van het aanvankelijk 10 cm diep gedach-



Fig. 25. Het verloop van het grondwater en de diepte van beworteling van aardbeien gedurende het planten en het eerste plukjaar bij lage ligging en kleine jaarschommeling van het grondwater. Horizontaal gearceerd: vol-capillaire zône. Verticaal gearceerd: niveau tot het midden van de open-capillaire zône. --- diepte van de uitbreiding van het wortelstelsel

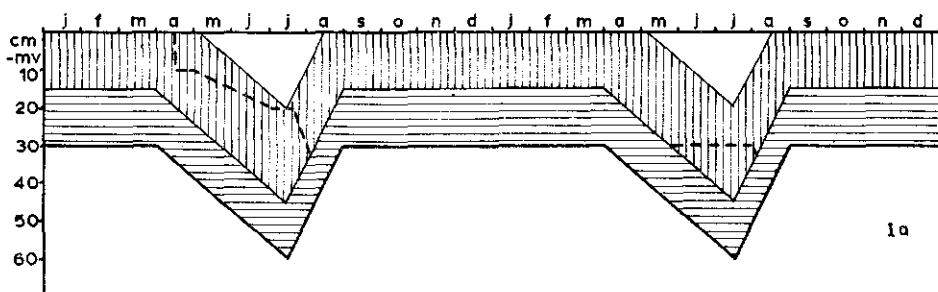


Fig. 25. Schematic representation of the groundwater level and the rooting depth (---) of strawberries during the year of planting (in springtime) and during the next year. The filled and the middle of the open capillary zones are indicated by hatching. Relative low situation and small summer-winter fluctuation

te wortelstelsel plaats zodat het gewas eind juni een diepte van 20 cm heeft doorworteld. Begin juli komen uit de wortelkroon bijwortels tevoorschijn, die met een snelheid van 30 cm per maand naar de diepte groeien. Deze wortels stuiten al spoedig op het stijgende grondwater en dringen niet verder door dan de vol-capillaire zône. Vanaf begin september, als het gewas nog in volle ontwikkeling is, bevinden de uiteinden van de wortels zich lange tijd, tot eind maart, onder het grondwater. Verondersteld wordt dat iets dieper doorgedrongen wortels in deze periode te gronde gaan zodat er aan het begin van het tweede groeiseizoen een beworteling tot 30 cm aanwezig is. Zowel in het plantjaar als in het tweede jaar is de vochtvoorziening uitstekend omdat het contact van het ondiepe wortelstelsel met het capillaire water steeds intensief blijft bestaan. Ondanks de zeer geringe uitbreiding van de wortels is de ontwikkeling van het gewas zeer goed. Deze situatie geldt voor die gewassen in figuur 20, die bij een diepte van het grondwater van 60 à 70 cm een goede stand vertonen.

*Lage ligging, grote jaarschommeling* (figuur 26, geval Ic in figuur 19). In verband met de iets minder lage ligging wordt de diepste grondwaterstand (90 cm-mv.) hier iets later bereikt, nl. in het begin van augustus. Het winterniveau, ook hier door de aanwezigheid van sloten bepaald en weer op 30 cm-mv gesteld, wordt eveneens later bereikt, nl. eind september. In natte zomers zal dit vroeger kunnen gebeuren, omdat we ook hier nog met een drangwaterprofiel te maken hebben. De vol-capillaire zône en het midden van de open-capillaire zône zijn hier in verband met het wat lagere humusgehalte op 12 respectievelijk 35 cm boven het grondwater gedacht. Mede door de eerder beginnende daling van het grondwater is het gewas al vanaf het planten op hangwater aangewezen. Gedurende de komende maanden vindt vrijwel geen vochttoevoer vanuit het grondwater plaats zodat een matige ontwikkeling van het gewas

Fig. 26. Als figuur 25, bij lage ligging en grote jaarschommeling van het grondwater

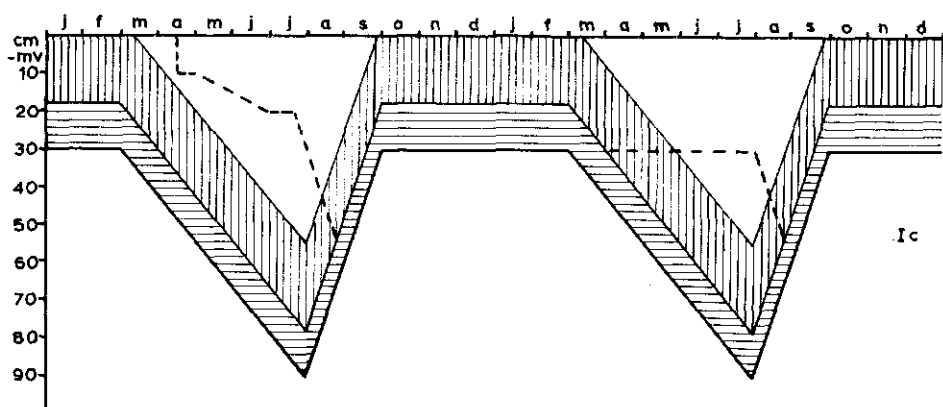


Fig. 26. As figure 25, but with a great fluctuation of the groundwater

voor de hand ligt. De groei van de wortels stagneert eind augustus op het stijgende grondwater. De wortels zijn hier tot ruim 50 cm doorgedrongen maar in natte zomers zal deze diepte niet worden bereikt. Ook hier wordt verondersteld dat de diepste zich reeds vanaf september in het grondwater bevindende wortels in de komende periode door 'wateroverlast' tegrond gaan, zodat het eerste plukjaar ook hier met een zeer ondiep wortelstelsel wordt aangevangen. Reeds in de loop van mei ondervindt het gewas de nadelen van het ondiepe wortelstelsel: het contact met het capillaire water wordt reeds tijdens de bloei verbroken, de kans op verdroging is zeer groot omdat bovendien de voorraad hangwater in de ondiepe bewortelde laag klein is. We hebben hier met een zeer slecht ontwikkeld gewas te maken, dat overeenkomt met die gevallen in figuur 20 waarbij het grondwater op 90 tot 100 cm stond.

*Matig hoge ligging, kleine jaarschommeling* (figuur 27, geval IIa in figuur 19). Wij gaan hier uit van een diepste stand van het grondwater van 110 cm-mv. Omdat we met een hogere ligging en een veel minder sterke invloed van drangwater dan in de vorige gevallen te maken hebben, wordt dit laagste peil ook later bereikt, nl. eind augustus. De stijging van het grondwater in de nazomer en in de herfst vindt ook geleidelijker plaats zodat het winterpeil doorgaans pas eind oktober wordt bereikt. De dieptegroei van de wortels ondervindt geen belemmering door stijgend grondwater. Aangenomen wordt dat een massale uitbreiding tot niet dieper dan 70 à 75 cm wordt bereikt. Deze aanname is in overeenstemming met de ervaring in de praktijk, dat bij diep omspitten van deze gronden, beneden 70 cm doorgaans geen grote wortelmassa's worden aangetroffen.

Gedurende de wintermaanden komt ook het diepere deel van het wortelstelsel niet langdurig in het gemiddeld 80 cm diepe grondwater te staan. In het eerste plukjaar beschikt het gewas dan ook over een 75 cm diep wortelstelsel dat de aanwezige voor-

Fig. 27. Als figuur 25, bij matig hoge ligging en kleine jaarschommeling van het grondwater

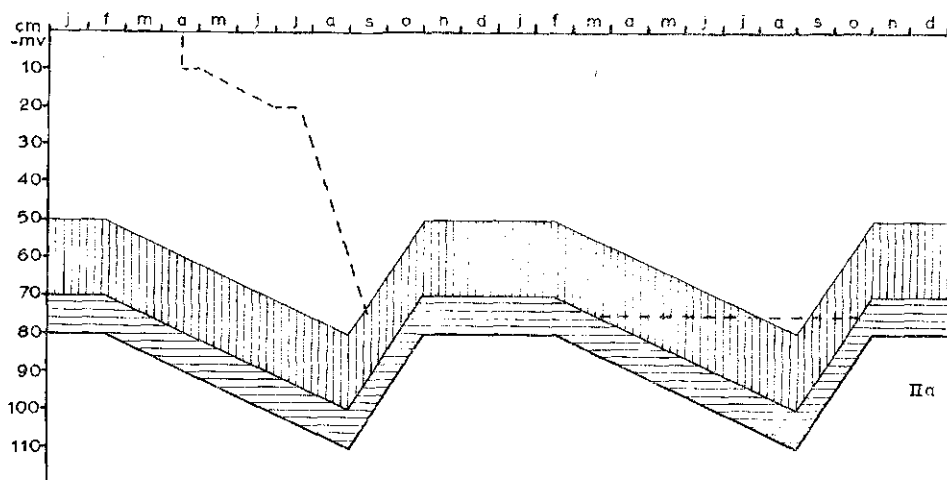


Fig. 27. As figure 25 for fields with a medium high situation and with a small fluctuation of the groundwater

raad hangwater tot over een flinke diepte kan benutten. In de voorjaarsmaanden kan door de diepste wortels nog wat capillair water worden opgenomen, maar gedurende de zomer is van vochtvoorziening vanuit het grondwater nauwelijks meer sprake. De ontwikkeling van het gewas is bij deze toestand matig, maar toch duidelijk beter dan bij de toestand weergegeven in figuur 26. Enerzijds staat hier een veel groter wortelvolume en dus meer hangwater ter beschikking, anderzijds zijn de diepere in het voorafgaande jaar gevormde adventiefwortels nog intact. Juist aan deze diepere wortels moet waarschijnlijk grote betekenis voor de vochtvoorziening in het voorjaar worden toegeschreven. BOSSE (10) nam waar, dat vooral het onderste deel van de wortels er na de winter normaal uitzag, terwijl boven ongeveer 50 cm de meeste zijwortels waren afgestorven. Bij de toestand in figuur 26 is juist het diepere deel van de wortels verzwakt of tegronde gegaan.

Men kan zich het gedrag van het grondwater in figuur 27 ook op een dieper niveau onder het maaiveld indenken. De vochtvoorziening vanuit het grondwater wordt dan van steeds minder betekenis. De ontwikkeling van het gewas gaat dan verder achteruit en wordt tenslotte geheel afhankelijk van de neerslag.

*Matig hoge ligging, grote jaarschommeling* (figuur 28, geval IIc in figuur 19). Wij hebben thans te maken met gronden waar de invloed van drangwater sterker is dan in het vorige geval. Het grondwater begint eind augustus dan ook sneller te stijgen, tot omstreeks eind oktober het vrij hoge winterpeil – 50 cm.-mv. – wordt bereikt. Hoewel de schommeling – 60 cm – hier even groot is aangenomen als in figuur 26, is de natuurlijke jaarfluctuatie bij deze wat verder van de duinen gelegen percelen in feite geringer.

Fig. 28. Als figuur 25, bij matig hoge ligging en grote jaarschommeling van het grondwater

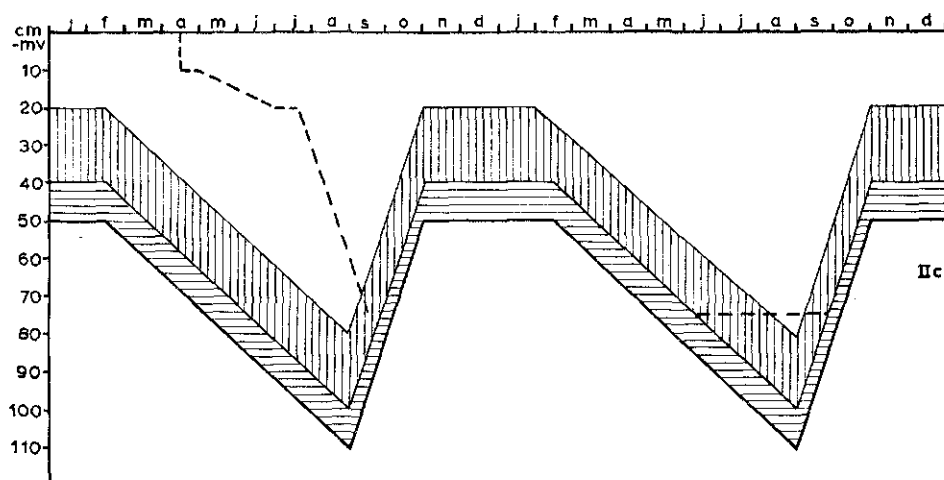


Fig. 28. As figure 25 for fields with a medium high situation and with a strong fluctuation of the ground-water

Zonder de invloed van afwateringssloten zou de fluctuatie in figuur 26 nl. groter zijn geweest. In figuur 28 wordt het winterpeil vrijwel niet door het afwateringssysteem beïnvloed.

Een belangrijk verschil met figuur 26 is, dat de stijging van het grondwater zich op grotere diepte en later in het seizoen voltrekt. De groei van het wortelstelsel wordt hier dan ook niet door het grondwater gehinderd, zodat in het midden van september wederom een diepe beworteling tot 70 à 75 cm is ontstaan. Omdat alleen het diepere deel van de wortels pas in de loop van oktober in plaats van september (figuur 26) in het grondwater komt te staan, wordt aangenomen dat de wortels in dit geval belangrijk minder kans lopen schade van het grondwater te ondervinden. Het argument voor deze veronderstelling is, dat wateroverlast vooral schade aan wortels toebrengt als het gewas fysiologisch nog actief is. Gezien de waarneming van Bosse en anderen, dat aardbeiwortels na september vrijwel niet meer groeien, lijkt het wel aannemelijk, dat wortels in oktober veel minder gevoelig zijn voor wateroverlast dan in september.

In het in figuur 28 beschouwde geval gaan wij er dan ook van uit dat het diepere deel van de wortels intact blijft, zodat in het plukjaar een ca. 75 cm diep wortelstelsel aanwezig is. Een vrij groot deel van deze wortels profiteert in het voorjaar van het grondwater, dat eind mei ongeveer 15 cm hoger staat dan in het vorige geval waarbij een kleine schommeling van het grondwater werd verondersteld. Pas in de loop van de zomer wordt het contact van de wortels met de capillaire zone tijdelijk verbroken. Het gewas vertoont een betere ontwikkeling dan bij een kleine jaarschommeling, omdat de vochtvoorziening vooral in de periode vóór de oogst beter is. De in de figuren 28 en 27 beschouwde gevallen komen overeen met die akkers in figuur 24, die bij grondwaterstanden van 105 à 120 cm-mv een goede respectievelijk matige stand vertoonden en

waarbij meer respectievelijk minder roest binnen 60 cm in het bodemprofiel werd aangetroffen.

Men kan zich de schommeling van het grondwater zoals weergegeven in figuur 28 ook dieper onder het maaiveld voorstellen, waarbij de wortels in de winter ook bij sterke schommeling niet in het grondwater komen te staan. Het grondwater draagt dan in het voorjaar minder tot de vochtvoorziening bij, zodat de ontwikkeling van het gewas minder goed en de kans op verdroging groter wordt.

Bij zeer hoge ligging boven het gemiddelde peil van het grondwater zullen verschillen in jaarschommeling binnen de van nature voorkomende variatie tenslotte geen merkbare voordelen voor het gewas meer opleveren. Het wordt dan geheel van het vochtbergend vermogen van de grond en van de neerslag afhankelijk.

Wij kunnen tenslotte de samenhang in figuur 16 als volgt verklaren. De reactie van het gewas op het grondwater moet vanuit de twee in dit gebied aan de bewortelingsdiepte gestelde grenzen worden bekeken. In het ene geval hebben we te maken met een vrij kleine groep van laag boven het grondwater gelegen percelen waar de aardbeien in het voorjaar wortelstelsels van tamelijk uniforme diepte – ca. 30 à 35 cm – bezitten. Deze diepte wordt bepaald door het gemiddelde minimale niveau van ontwatering van aardbeiaakkers door de ondiepe afwateringsbeken. Deze groep veroorzaakt het dalende deel van de curve in figuur 16 tussen 65 en 95 cm-mv.

In het andere geval hebben we te maken met een groep van akkers waar de beworteling niet door het grondwater wordt belemmerd. De gemiddelde diepte die hier door de hoofdmassa van de wortels wordt bereikt, zal ca 75 cm bedragen, een diepte die waarschijnlijk wordt bepaald door de vochtvoorziening in de zomermaanden en door de bewortelbaarheid van de ondergrond (diepspitten). Deze akkers veroorzaken het dalende deel van de curve bij grondwaterstanden dieper dan ca. 110 cm-mv. De ontwikkeling van het gewas zal bij deze beworteling voorts nog sterk afhangen van het niveau van het grondwater in het voorjaar. In enkele gevallen zullen nog dieper gaande wortelstelsels kunnen worden aangetroffen. Het gewas vertoont dan bij vrij diepe grondwaterstand een relatief goede ontwikkeling.

Tussen de twee aangeduide groepen van gewassen ligt een vrij grote overgangsgroep met wortelstelsels in het voorjaar tussen 35 en 75 cm diepte. De beworteling wordt hier in wisselende mate door het gedrag van het grondwater beïnvloed. De ontwikkeling van het gewas is aan de grondwaterstand in de zomer (in 1955 tussen ca. 90 en 110 cm) moeilijk te voorspellen, omdat bij dit niveau, afhankelijk van de diepte van beworteling en de jaarschommeling zowel van een slechte als van een goede vochtvoorziening sprake kan zijn.

Nu voorjaarsplanting in Kennemerland niet meer voorkomt en overwegend zomerplanting, in veel gevallen van het ras Talisman, wordt toegepast, lijkt het tenslotte dienstig de betekenis van vooral *vroege* zomerplanting in het licht van bovenstaande beschouwingen te bezien.

Het is bekend dat zomerplanting tot opvallend slechtere resultaten bij de thans meestal eenjarige teelt leidt, naarmate later in de zomer wordt geplant (NERI, 34). Het ligt voor de hand, dit verschijnsel mede toe te schrijven aan de diepere bewortelings-

mogelijkheid, die met vroeg planten samenhangt. Een diepere beworteling zal in de meeste gevallen een betere vochtvoorziening waarborgen en dus tot betere oogstresultaten leiden. Het vermogen van het zo populaire ras Talisman, om relatief vroeg tot uitlopervorming over te gaan, zou wel eens kunnen samengaan met een vroegere ontwikkeling van adventiefwortels en daardoor een relatief grotere diepte van beworteling. Het succes van dit produktieve ras zou dan mede aan de samenhang tussen beworteling en grondwaterstand kunnen worden toegeschreven.

## 6.6 Bevloeiende percelen

In 1955 werd reeds op grote schaal greppelbevoeiing toegepast. Van de 200 beoordeelde aardbeiaakkers konden er 75 bevoeid worden. Van een viertal akkers zonder bevoeiingsinstallatie kon uit de stand van het grondwater en uit de ligging worden afgeleid, dat ze zodanig van de bevoeiing van naburige akkers moesten profiteren dat ze als 'bevoeid' konden worden beschouwd. In de praktijk heerst de mening dat de invloed van het verhogen van het grondwater merkbaar kan zijn op naburige niet bevoeiende percelen tot op 50 soms zelfs 100 meter afstand (ANONYMUS, 2).

Over de methode van bevoeien werd reeds het één en ander opgemerkt in hoofdstuk 4. Dooreengenomen werd 45 cm water per seizoen verbruikt. Het effect van de greppelbevoeiing bestaat in een tijdelijke verhoging van het grondwater waardoor het wortelstelsel in contact komt met de capillaire zone boven dit water. Hierbij wordt dus niet het gehele doorwortelde deel van het bodemprofiel bevochtigd. Het ligt voor de hand dat het aan te houden niveau bij dit systeem nauw moet samenhangen met de diepte van de beworteling. De praktijkervaring is, dat bij het 's nachts verhogen van het grondwater tot 60 à 70 cm - mv en waarbij het gemiddelde peil door de daling overdag dus wat lager ligt, de beste resultaten worden bereikt. Dit lijkt wel in overeenstemming met onze veronderstelling in par. 6.5 dat de hoofdmassa van het wortelstelsel op de bedrijven met diepe grondwaterstand wel niet veel dieper dan 70-75 cm zal gaan.

De wijze van vochtvoorziening door tijdelijke verhoging van het grondwater is voor ons land nogal uniek. Een redelijke peilverhoging kan alleen verwacht worden wanneer het water opgepompt wordt vanuit een watervoerende laag die onder een afsluitende laag is gelegen, anders zou men het water rondpompen. Aan deze voorwaarde wordt in het gebied Heemskerk-Beverwijk inderdaad voldaan. Een andere voorwaarde is dat de drukhoogte ten opzichte van omringende akkers, die als gevolg van de verhoging van het grondwaterpeil ontstaat, niet groot mag zijn, anders ontstaan bij niet zeer grote aaneengesloten complexen van akkers te grote randverliezen. De te bereiken verhoging van het peil is dus aan grenzen gebonden. Het systeem werkt bv. niet voldoende wanneer van natuurlijke grondwaterstanden beneden 2 meter - mv zou moeten worden uitgegaan. Omdat het er om gaat, vanuit een bepaald natuurlijk gedrag van het grondwater een verhoging tot een zeker peil te bereiken, ligt een invloed van dit gedrag op het effect van de bevoeiing voor de hand. Dat deze invloed in 1955, toen meestal nog sprake was van betrekkelijk kleine bevoeiende oppervlakten, inderdaad bestond, bleek uit de bewerking van de gegevens.

Ook op de bevoeide percelen werden grondwaterstanden gemeten. Volgens mededelingen van tuinders zakte het water op de hoog boven het grondwater gelegen bedrijven vroeger tot 120 à 150 cm. De metingen lieten zien dat het peil in de tweede helft van juli 1955 nog duidelijk onder invloed van de bevoeiing stond. Bij ruim 30 akkers werden grondwaterstanden tussen 55 en 100 cm gemeten. Hier was nog kort geleden (bv. één of twee nachten tevoren) bevoeid. Bij het merendeel van de bevoeide akkers werden niveau's tussen 80 en 110 cm-mv gemeten; slechts 7 akkers lieten een stand van het grondwater beneden 110 cm zien.

Omdat de metingen voor een groot deel dus nog duidelijk onder invloed van de bevoeiing stonden, had het weinig zin de correlatie tussen het grondwater en de ontwikkeling van het gewas na te gaan. Wel bleek dat de hoogteligging voor zover deze uit de schattingen kon blijken, nog enigszins werd weerspiegeld in de grondwaterstand van niet 'pas bevoeide'akkers. Voor de geschatte groepen II en III (matig hoog en hoog) werden gemiddelde niveau's van 95 en 103 cm berekend. Te bedenken valt dat de bevoeiing, althans tijdelijk, de van nature bestaande hoogteverschillen ten opzicht van het grondwater doet vervagen.

In figuur 29 is het verband tussen de gemiddelde stand en de schattingen van de hoogteligging en de schommeling van het grondwater weergegeven. De met formaline ontsmette akkers zijn hierbij uitgesloten evenals de vrijwel ontbrekende categorie van akkers met een geschatte kleine fluctuatie (a) van het grondwater. De gemiddelden van de groepen IIb en c en IIIb en c werden respectievelijk uit 8, 7, 14 en 20 percelen berekend.

Voor de groep II werd een gunstige invloed van een grotere jaarschommeling (hogere winterwaterstanden) betrouwbaar aangetoond. Dit effect kan met behulp van figuur 5 op een meeropbrengst van ca. 16 kg per are worden geschat. Bij de hoger boven het

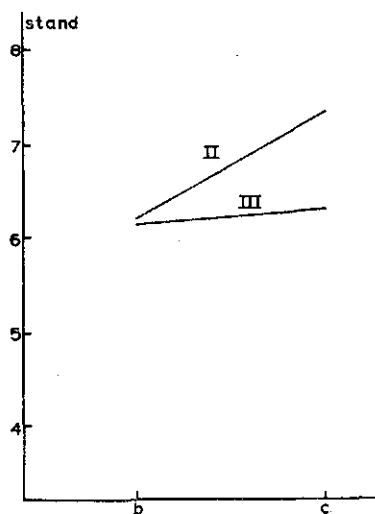


Fig. 29. De samenhang tussen de gemiddelde stand en de jaarfluctuatie van het grondwater op bevoeide, niet ontsmette akkers bij geschatte hoogteligging der percelen

Fig. 29. On irrigated, non-sterilized strawberry fields, the situation above the natural water table (estimations II and III) and the winter-summer fluctuations (b and c) still affect the development of the crop

grondwater gelegen groep III is dit effect niet meer merkbaar. Dit valt te begrijpen. Een sterke jaarschommeling draagt minder bij tot de vochtvoorziening in het voorjaar naarmate deze zich dieper onder het wortelstelsel voltrekt.

De gemiddeld hogere ligging van groep III komt in iets lagere standcijfers tot uitdrukking. Voor de niet ontsmette, bevloeiende percelen van de groepen II en III werden gemiddelde standcijfers van 6,70 en 6,28 berekend. Dit komt overeen met een verschil in produktievermogen van ca. 6 kg per are.

Het gunstige effect van een grotere jaarschommeling werd evenals bij de niet bevloeiende percelen, nog getoetst met behulp van de gegevens over roest in de laag 0-60 cm. Voor een aantal bevloeiende, niet ontsmette akkers kon uit de vrij summiere profielbeschrijving niet worden afgeleid in hoeverre binnen 60 cm al of geen roest werd aangetroffen, zodat het verband tussen de stand en deze roestverschijnselen slechts voor 37 van de 49 percelen kon worden opgesteld (figuur 30). Over het algemeen werd bij deze van nature vrij hoog boven het grondwater gelegen akkers weinig of geen roest aangetroffen (vergelijk figuur 23). Ook bij de bevloeiende akkers suggereert de gemiddeld iets betere stand op percelen met nog iets roest, dat relatief hoge grondwaterstanden in de winter samengaan met een wat betere ontwikkeling van het gewas.

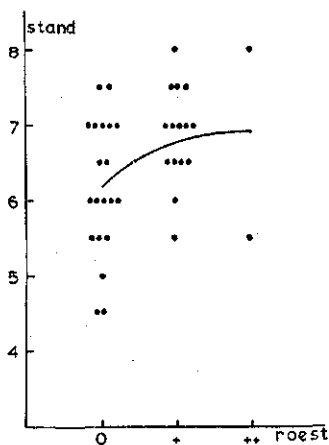


Fig. 30. De samenhang tussen de stand van bevloeiende, niet ontsmette akkers en het voorkomen van roest in de laag 0-60 cm

Fig. 30. The vigour of the strawberry crop on irrigated non-sterilized fields as related to the occurrence of gléy-rust spots in the 0-60 cm layer

Uit de figuren 29 en 30 lijkt intussen de conclusie gewettigd, dat de natuurlijke hydrologische verschillen ook op bevloeiende percelen nog een stempel blijven drukken op het produktieniveau van het gewas. Onder de omstandigheden van 1955 (verspreide, vrij kleine aaneengesloten bevloeiende oppervlakten variërend van 1-6 ha, totaal ca. een derde deel van het gebied uitmakend) is het goed voorstelbaar dat een verhoging van het grondwater tot een voor het gewas optimaal peil, veel moeilijker te realiseren is op de hoog dan op de minder hoog boven het grondwater gelegen percelen.

De bevloeiing zal het gewas destijds dus niet geheel onafhankelijk van het natuurlijke gedrag van het grondwater hebben gemaakt. Percelen die van oudsher het sterkst van



de verdroging te lijden hadden, zullen ook onder de categorie van bevoeide akkers nog de matigste gewassen hebben gegeven.

Het zou nuttig zijn, wanneer uit onze gegevens een indruk kon worden verkregen van het effect van de bevoeiing op het produktieniveau. In tabel 3 is de gemiddelde stand op niet ontsmette, wel en niet bevoeide percelen bij de twee geschatte hoogteliggingen weergegeven.

*Tabel 3. De gemiddelde stand van wel en niet bevoeide percelen bij twee hoogteliggingen*

Ligging/Situation	Stand/Vigour marks	
	niet bevoeide percelen <i>non-irrigated fields</i>	bevoeide percelen/ <i>irrigated fields</i>
middelhoog (II)/ <i>medium high</i>	6,28	6,70
hoog (III)/ <i>high</i>	5,82	6,28

*Table 3. Average vigour marks of non-irrigated and irrigated fields of estimated medium high (II) and high (III) situation above the average groundwater table*

Het met behulp van figuur 5 afgeleide produktieverschil van 6 resp. 8 kg per are bij matig hoge en hoge ligging kan om verschillende redenen geen juiste indruk geven van het effect van de bevoeiing. In de eerste plaats is het niet geheel zeker dat de natuurlijke hydrologische uitgangstoestand van de groepen 'bevoeid' gemiddeld wel gelijk was aan die van de overeenkomstige groepen 'niet bevoeid'. Binnen dezelfde geschatte hoogtengroepen kunnen de bevoeide akkers van oudsher gemiddeld wel iets lagere grondwaterstanden hebben vertoond dan de niet bevoeide.

In de tweede plaats zou men het effect van de bevoeiing vooral aan de opbrengst en minder aan de ontwikkeling van het gewas in juli moeten afmeten. Vooral de vochtvoorziening tijdens de vruchtzetting en de oogst is van belang. Vochttoevoer tijdens de oogst doet ook de laat gevormde vruchten nog uitgroeien, waardoor de oogstperiode wordt verlengd. Tabel 3 geeft vermoedelijk dus een sterke onderschatting van het effect van de bevoeiing. Deze opvatting wordt gesteund door het feit dat de meeste installaties, die indertijd een investering van ca. f 1000.— per ha vergden, reeds na enkele jaren waren terugverdiend.

## 6.7 Invloed van het grondwater op het effect van de grondontsmetting

In par. 6.4 werd er op gewezen dat de grondontsmetting tegen aaltjes en *Verticillium* niet altijd volledig effect had. Op een aantal met formaline behandelde akkers werden

in het eerste of tweede plukjaar weer symptomen van beide aantastingen aangetroffen. Bij proeven over de ontsmetting van grond, die door de proeftuin 'de Duinstreek van Holland' werden uitgevoerd (3) bleken de volgende factoren invloed te hebben op het resultaat van de formalinebehandeling: de hoeveelheid van het middel, de beperkte aaltjesdodende werking, te late toepassing en herbesmetting als gevolg van het spitten van de grond na de formalinebehandeling. Ook neerslag, spoedig na het uitgieten van het middel, leek invloed te hebben op het effect van de grondontsmetting. De indruk bestond dat doorgaans slechts een ondiepe laag grond werd ontsmet. Herbesmetting door het stuiven van grond leek ook mogelijk.

Bij de bewerking van de gegevens bleek het verschil in stand tussen gewassen op wel en niet ontsmette percelen samen te hangen met de geschatte jaarschommeling van het grondwater. Deze samenhang, die suggereerde dat het gedrag van het grondwater invloed uitoefende op het effect van de grondontsmetting, is weergegeven in figuur 31. Hierin zijn alleen percelen opgenomen van de groepen II en III, b en c. Gevallen met een kleine jaarschommeling (a) of met een lage ligging boven het grondwater (I) zijn buiten beschouwing gelaten omdat de aantallen te klein waren en omdat het gevallen met sterk variërende bewortelingsdiepten betrof. Bij de percelen van figuur 31 is vermoedelijk wel sprake van een vrij uniforme bewortelingsdiepte.

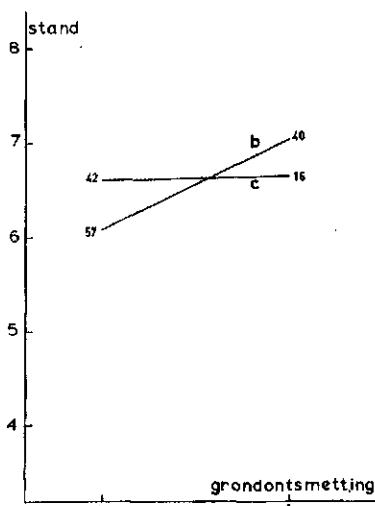


Fig. 31. De gemiddelde stand van niet en wel met formaline ontsmette, middelhoog tot hoog (II, III) geschatte percelen bij een matige (b) en een sterke (c) jaarschommeling van het grondwater. Getallen geven de aantallen percelen aan

Fig. 31. Interrelationship between soil sterilisation with formaldehyde, estimated groundwater fluctuation (b, c) and the vigour of the crop. Low situated fields excluded. Numbers of fields are indicated

De hellingshoek van de lijn b week statistisch betrouwbaar van 0 af. Het verschil in hellingshoeken tussen b en c kon eveneens betrouwbaar worden aangetoond. Ook wanneer de samenhang in figuur 31 voor de vier hydrologisch verschillende groepen 'II en III niet bevoeid' en 'II en II bevoeid' afzonderlijk werd onderzocht (resp. 62, 16, 28 en 49 gevallen), werd voor de b-lijnen steeds een betrouwbaar van 0 afwijkende hellingshoek gevonden. Voor de groepen 'III bevoeid' en 'III niet bevoeid' bestond er

een betrouwbaar verschil in hellingshoeken tussen de lijnen b en c; voor de groep 'II bevoloed' was dit verschil bijna betrouwbaar.

Ook de samenhang tussen de grondontsmetting, de jaarschommeling van het grondwater en de aantastingscijfers voor *Verticillium* en zwart wortelrot (figuur 32) suggereert dat het effect van de formalinebehandeling afhangt van het gedrag van het grondwater. Er is een sterkere afname van ziektesymptomen bij een matige jaarfluctuatie. (b).

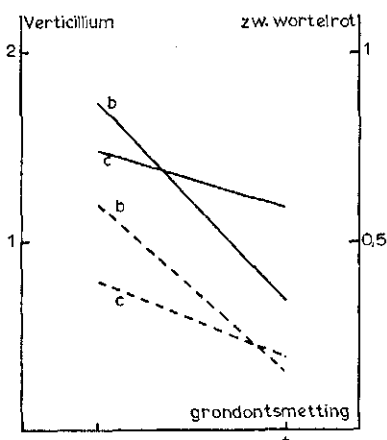


Fig. 32. *Verticillium*- (—) en zwart wortelrot-symptomen (---) bij niet en wel ontsmette percelen met matige (b) en sterke (c) jaarschommeling van het grondwater. alle gevallen uit figuur 31.

Fig. 32. As figure 31 for symptoms of *Verticillium* wilt (—) and black root rot (---)

In hoofdstuk 5 en par. 6.5 werd betoogd dat het verschil tussen de schattingen b en c vermoedelijk vooral in een verschillende hoogte van het grondwater gedurende de wintermaanden moet worden gezocht. Bij een sterke schommeling (c) staat het water dan gemiddeld dichter onder het maaiveld. De figuren 31 en 32 suggereren dus dat het effect van de grondontsmetting minder was naarmate het water in de winter – dus tijdens de ontsmetting – hoger stond. Men mag figuur 31 niet als een zuivere afspiegeling van het gemiddelde effect van de formalinebehandeling zien. Daartoe zouden alle overige groeiomstandigheden van de groepen niet en wel ontsmet gelijk moeten zijn geweest. In par. 6.4 wezen wij reeds op de onmogelijkheid om een kwantitatieve indruk van het effect van de grondontsmetting af te leiden uit het verschil in stand tussen wel en niet ontsmette percelen. De ontsmetting zal nl. het meest hebben plaats gevonden op percelen, waar bij een vorig gewas aardbeien de meeste ziektesymptomen werden aangetroffen. Hier zullen ook andere groeifactoren (bv. de vochtvoorziening) relatief ongunstig zijn geweest. Men moet dus aannemen dat de ontsmette percelen in figuur 31 *zonder* grondontsmetting gemiddeld een minder goede stand zouden hebben vertoond dan de niet ontsmette percelen. Het geringe verschil in stand tussen ontsmet en niet ontsmet – volgens het verband in figuur 5 overeenkomend met 13 resp. 1 kg aardbeien per are bij de lijnen b en c – zal het werkelijke gemiddelde effect dus onderschatten.

Voor een verklaring van de duidelijke interactie in figuur 31 lijken nu twee mogelijk-

heden te bestaan. De eerste verklaring gaat uit van een directe invloed van de stand van het grondwater in de winter op de effectiviteit of de diepte van de ontsmetting. Hierbij wordt verondersteld dat *Verticillium* en aaltjes op een besmet perceel, wellicht als gevolg van passieve verplaatsing, tot op vrij grote diepte in de wortelzone aanwezig zijn. Tijdens en na het uitgieten van de formaline, in de winter dus, bevindt de grond boven het grondwater zich doorgaans ongeveer op veldcapaciteit. Neerslag van enige betekenis, die in deze periode regelmatig mag worden verwacht, stroomt dan grotendeels af naar het grondwater.

Een hoeveelheid neerslag van 27 mm veroorzaakt in deze gronden een stijging van het grondwater van 10 cm (VISSER, 48). Het middel zal daarbij spoedig kwantitatief naar beneden dringen. Er vindt een sterke verdunning plaats totdat de formaline in het grondwater terecht is gekomen en verder onwerkzaam is geworden. Denkt men zich nu een waterpeil in van ongeveer 50 cm-mv, dan lijkt in verband met de dikte van de volcapillaire zone en de stijging van het grondwater door neerslag na het uitgieten, een effectieve ontsmetting tot 30 hoogstens 40 cm diepte mogelijk.

Hieronder blijft dus nog een ruim volume niet ontsmette grond aanwezig, waarin later aardbeiwortels zullen doordringen. Deze situatie kan zich voordoen bij de gevallen c in de besproken figuren. Ook de in par. 6.4 vermelde proef waarbij door inspitten van stalmest na de formalinebehandeling besmette ondergrond naar boven werd gebracht, wijst op een geringe diepte van de ontsmetting.

Staat het water in de winter nu dieper, bv. op 70 cm, dan kan vanzelfsprekend ook een diepere grondlaag worden ontsmet en is de kans op aantasting van de dieper gaande wortels kleiner (b). Juist deze wortels zijn in een droge periode van belang voor de vochtopname. Aantasting hiervan zal dus een grote invloed op de ontwikkeling van het gewas kunnen hebben.

Een gevolgtrekking uit deze gedachtengang, die uiteraard door nader onderzoek zou moeten worden bewezen is, dat de grondontsmetting met formaline het beste in een periode met lage grondwaterstanden zou kunnen worden uitgevoerd.

De tweede verklaring van de interactie in figuur 31 gaat uit van de vochtvoorziening van het gewas en de in par. 6.2 ontwikkelde zienswijze over de invloed van *Verticillium*. Bij percelen met een sterke jaarschommeling van het grondwater (c) is de vochtvoorziening in het voorjaar relatief gunstig. Het gewas ondervindt dan minder schade van besmetting van de grond met *Verticillium* (eventueel ook aaltjes) en reageert dan ook minder positief op een vermindering van de besmettingsgraad door formaline. Is de jaarschommeling kleiner (b) dan is de vochtvoorziening in het voorjaar minder gunstig en de schadelijke invloed door *Verticillium* (evt. aaltjes) groter. Ontsmetting zal in dit geval een krachtiger wortelstelsel en zo een belangrijke ondersteuning van de toch reeds matige vochtvoorziening geven.

Opvallend is in dit verband reeds het geringere aantal binnen groep c ontsmette percelen, nl. 16. Bij deze groep met redelijke gewassen werd de noodzaak tot grondontsmetting kennelijk minder sterk gevoeld dan bij b waar een relatief groter aantal akkers werd ontsmet.

Deze tweede verklaring geeft geen geheel bevredigend antwoord op de vraag waarom

de gewassen van groep b met een minder gunstige vochtvoorziening, op de ontsmette percelen toch een betere ontwikkeling vertoonden dan die van groep c. Mogelijk speelt ook de beter geslaagde ontsmetting bij b hierbij nog een rol.

## 6.8 Zuurgraad van de grond

De tuinbouw in Beverwijk en Heemskerk wordt hoofdzakelijk uitgeoefend op de vrijwel geheel ontkalkte geestgronden. De bovengrond vertoont van nature zeer lage pH's. Verschillende omstandigheden hebben ertoe bijgedragen dat er ten tijde van het onderzoek een grote variatie in de zuurgraad bestond. Enerzijds hebben bekalkingen en het diepspitten, waarbij kalkhoudende ondergrond werd bovengebracht, de pH van vele percelen althans tijdelijk verhoogd. Anderzijds worden hoge pH's ook aangetroffen op met kalkhoudend jong duinzand overstoven percelen in het westen langs de duinrand.

Van de 200 proefplekken zijn grondmonsters van de 0-20 cm laag genomen. Hiervan werd de pH in een waterige (pH-H<sub>2</sub>O) en in een 1 n.KCl-suspensie bepaald (pH-KCl). In figuur 1 laat het verband tussen de zuurgraad en het kalkgehalte zien, dat reeds boven een laag koolzure kalkgehalte van ca. 0,3 % uitsluitend hoge pH's voorkomen. In figuur 33 is het verband tussen beide pH-waarden weergegeven. De bepaling van pH-H<sub>2</sub>O werd hier te lande indertijd vervangen door die van de pH-KCl omdat deze laatste waarde minder fluctuaties in de verschillende jaargetijden vertoont. De vrij sterke fluctuaties in de pH-H<sub>2</sub>O, die een verschillende beoordeling van de zuurgraad afhankelijk van de bemonsteringsperiode tot gevolg had, wordt voor het grootste deel veroorzaakt door veranderingen in de electrolytconcentratie van het bodemvocht. Uit figuur 33 blijkt dat de variatie in de aangetroffen zuurgraad zeer groot was.

Het verband tussen de stand en de pH-KCl is in figuur 34 voor alle proefplekken weergegeven. Er is een zwakke aanwijzing dat de zuurgraad bij pH-KCl = 5.3-7.0 (pH-H<sub>2</sub>O = 6.2-7.3) optimaal is. De achteruitgang in de stand bij lage pH is echter vrij gering. Dit is wel in overeenstemming met de algemeen heersende opvatting dat de aardbei zich op zure grond goed kan ontwikkelen (STRONG 42, HUNTER 22). GERRITSEN (zie KRONENBERG e.a. 27) is van mening dat de pH-H<sub>2</sub>O voor aardbeien op zandgrond niet hoger mag zijn dan ca. 6.5. Dit zou met een pH-KCl van 5.8 overeenkomen. Vermoedelijk worden hier echter diluviale, humushoudende zandgronden bedoeld, waarvoor andere pH-normen moeten worden gesteld. Uit figuur 34 blijkt dat de aardbei op de humusarme duinzandgronden tot pH-KCl ca. 7 vrij indifferent is voor veranderingen in de zuurgraad en dat de stand pas boven deze waarde snel achteruit gaat. Uit het verband tussen de stand en het opbrengstniveau (figuur 5) kan worden afgeleid dat bij pH-KCl = 7,5 (pH-H<sub>2</sub>O = 7.6) en bij een extreem hoge pH-KCl = 7.9 (pH-H<sub>2</sub>O = 7.9) sprake is van opbrengstdervingen ten opzichte van de optimale zuurgraad van 9 respectievelijk 29 kg per are.

Hoewel figuur 34 suggereert, dat de aardbei een pH-KCl tot  $\pm 7$  goed verdraagt, mag men uit deze samenhang niet afleiden dat de aardbei op matige bekalkingen steeds

Fig. 33. Het verband tussen de pH-H<sub>2</sub>O en de pH-KCL van de bovengrond

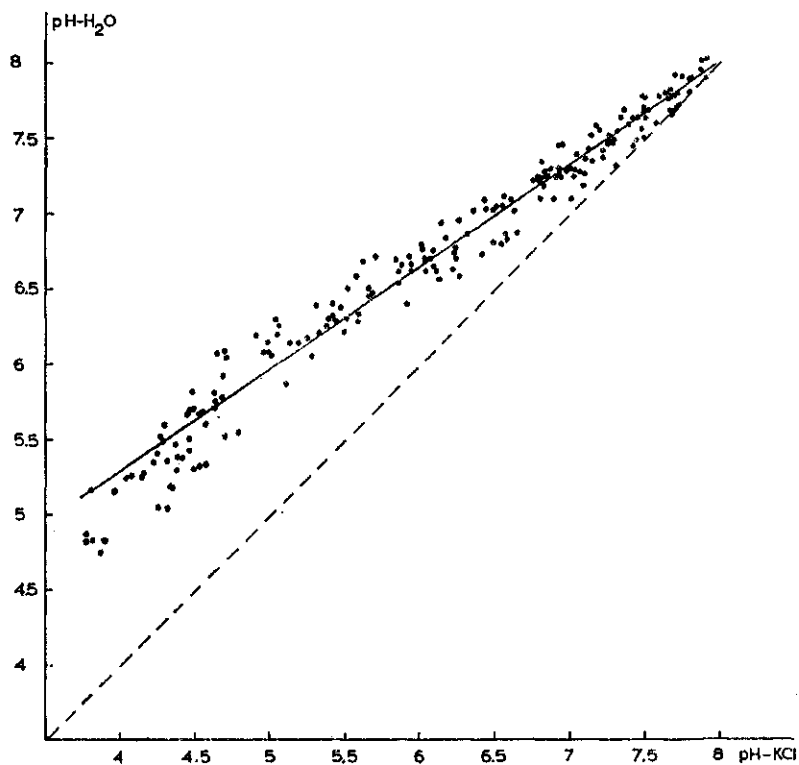


Fig. 33. Correlation between pH determined in water and in 1N KCL-solution of the topsoil samples

Fig. 34. Het verband tussen de stand en de pH-KCL van de bovengrond (alle bedrijven)

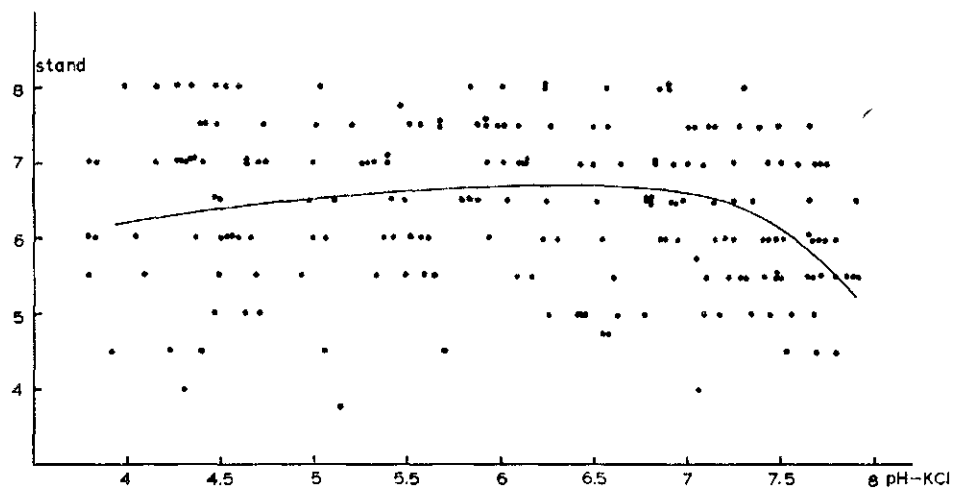


Fig. 34. Relationship between the vigour of the crop and pH-KCL of the topsoil

gunstig zal reageren. DELVER en STRUYS (16) vonden bij een bekalkingsproef in dit gebied, dat een kalkgift, waarbij de pH-H<sub>2</sub>O van 5,5 tot 6,4 (pH-KCl dus van ca. 4,3 tot 5,6) werd verhoogd, reeds een iets ongunstige uitwerking op de opbrengst van aardbeien had. Onder dezelfde omstandigheden reageerden groenten en bloembollen op deze bekalking met opbrengstverhogingen van 10–100%!

Tijdens de bewerking van de gegevens kwam de vraag naar voren of het berekende verband in figuur 34 mede door andere, aan de zuurgraad gedeeltelijk gekoppelde groeifactoren zou kunnen zijn beïnvloed. Dit bleek voor de waterhuishouding en voor de fosfaattoestand van de grond enigszins het geval te zijn.

Bij de bestudering van de ligging van gronden met zeer hoge pH's bleek, dat deze voorkomen nabij de voet van de westelijk gelegen duinen. Deze gronden bevatten dan tevens een duidelijke voorraad koolzure kalk (0,5–3%). Juist hier bevinden zich echter ook veel percelen met een ongunstige waterhuishouding. De proefplekken werden nu in drie groepen gesplitst, nl. die welke werden bevoeid en waar de vochtvoorziening dus redelijk tot goed was; die welke niet werden bevoeid, maar die volgens de hydrologische schattingen een redelijke tot goede vochtvoorziening bezaten (de groepen Ia, IIb en c, IIIb en c) en tenslotte niet bevoeide percelen met een veronderstelde ongunstige vochtvoorziening (de groepen Ib en c, IIa en IIIa). Dat de zuurgraad een gedeeltelijk aan de waterhuishouding gekoppelde groeifactor is, blijkt reeds uit het feit dat bij de genoemde groepen respectievelijk 12, 35 en 63% van de percelen een pH-KCl hoger dan 7 bezat. Hoge pH's gaan dus voor een deel samen met een ongunstige waterhuishouding. Dit geldt speciaal voor de kalkhoudende gronden in de nabijheid van de duinen.

Voor de genoemde groepen werd het verband tussen de stand en de pH afzonderlijk nagegaan (figuur 35). Uit de verschillende lijnen komt de tendens naar voren dat een lage pH voor de aardbei niet spoedig bezwaren oplevert wanneer de vochtvoorziening gunstig is (de lijnen 2 en 3). Bij relatief vochttekort (lijn 4) kan het gewas wel enig deel van een zeer lage pH ondervinden. Deze afhankelijkheid van de reactie op de zuurgraad van de vochtvoorziening lijkt wel in overeenstemming te zijn met de ervaring in de praktijk dat gewassen vooral onder droge omstandigheden ongunstig op een lage pH reageren.

Ook de reactie op een zeer hoge pH lijkt bij een slechte waterhuishouding (lijn 4) wat duidelijker te zijn dan bij een gunstige vochtvoorziening. Het gemiddelde verband in figuur 34 is dus, vooral in het hoge pH-traject wel enigszins beïnvloed door de gedeeltelijke koppeling van de zuurgraad aan de waterhuishouding.

De reactie op de zuurgraad bleek ook enigszins af te hangen van de fosfaattoestand van de grond. Het fosfaatgehalte werd ten tijde van het onderzoek nog gekarakteriseerd door het P-citr en het P-getal.<sup>1)</sup>

Door de percelen in te delen in een groep met P-citr groter dan 50 en P-getal groter dan 4 enerzijds, en in een groep met P-citr kleiner dan 50 of P-getal kleiner dan 4 anderzijds, werd een ruwe indeling verkregen in gronden met een gunstige en met een lage fosfaattoestand. Voor beide groepen is het verband tussen de stand en de zuurgraad weergegeven in figuur 36. De achteruitgang van de stand bij lage pH blijkt alleen

Fig. 35. De invloed van de zuurgraad op de stand voor naar hydrologische maatstaven onderscheiden groepen van percelen.

1. Alle percelen (figuur 34);
2. Bevloeide percelen;
3. Niet bevloeide percelen met gunstige vochtvoorziening (hydrologische schattingen Ia, IIb en c en IIIb en c);
4. Niet bevloeide percelen met een ongunstige vochtvoorziening (hydrologische schattingen Ib en c, IIa en IIIa)

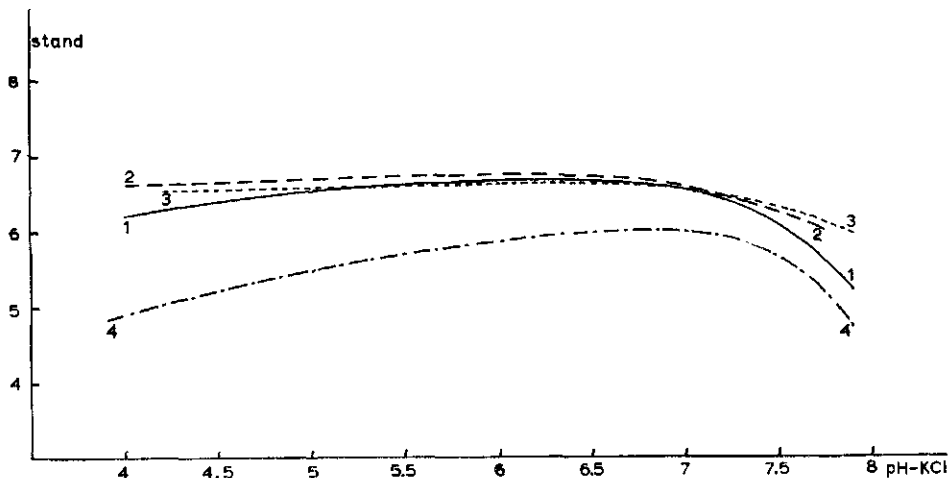


Fig. 35. Influence of pH for groups of fields classified according to hydrological criteria.

1. Average relation as shown in figure 34;
2. Irrigated fields;
3. Non-irrigated fields under favourable hydrological conditions (estimated groups Ia, IIb and c, IIIb and c);
4. Non-irrigated fields under unfavourable hydrological conditions (estimated groups Ib and c, IIa and IIIa)

1) Onder P-citr verstaat men de hoeveelheid fosfaat, uitgedrukt in mgr.  $P_2O_5$  per 100 gram luchtdroge grond, die bij een schudverhouding 1 (grond): 10 (extractiemiddel) oplosbaar is in 1% citroenzuur. Het geeft een aanwijzing over de aanwezige voor de plant toegankelijke voorraad fosforzuur.

Onder het P-getal verstaat men, bij eenzelfde schudverhouding en uitgedrukt in dezelfde eenheden als bij P-citr, de hoeveelheid in water van 50°C oplosbaar fosfaat. Dit getal geeft een aanwijzing over de mate waarin fosfaat, opgelost in het bodemvocht, voorkomt.

Vanaf mei 1958 werd de bepaling van P-citr vervangen door die van P-AL, een zeer verwante maar minder bewerkelijke methode, waarbij fosfaat oplosbaar in ammoniactaat-azijnzuur wordt aangegeven. Men beoogt hiermee de in een zwak oplosmiddel oplosbare fosfaten aan te tonen. Voor duinzandgronden bedraagt het P-AL ongeveer 80-90% van P-citr.



merkbaar te zijn op percelen met een lage fosfaattoestand. Vermoedelijk speelt hierbij de invloed van de zuurgraad op de beschikbaarheid van het fosfaat een rol. In sterk zure gronden wordt fosfaat voor een deel vastgelegd als onoplosbaar ijzerfosfaat. Vooral op fosfaatarme gronden kan een lage pH dan leiden tot een tekort aan opneembaar fosfaat. Op de fosfaathuishouding van de onderzochte gronden zal nog nader worden ingegaan.

Fig. 36. De samenhang tussen zuurgraad en stand bij percelen met een normale (1) en met een lage (2) fosfaattoestand van de grond.

1.  $P\text{-citr} > 50$  en  $P\text{-getal} > 4$

2.  $P\text{-citr} < 50$  of  $P\text{-getal} < 4$

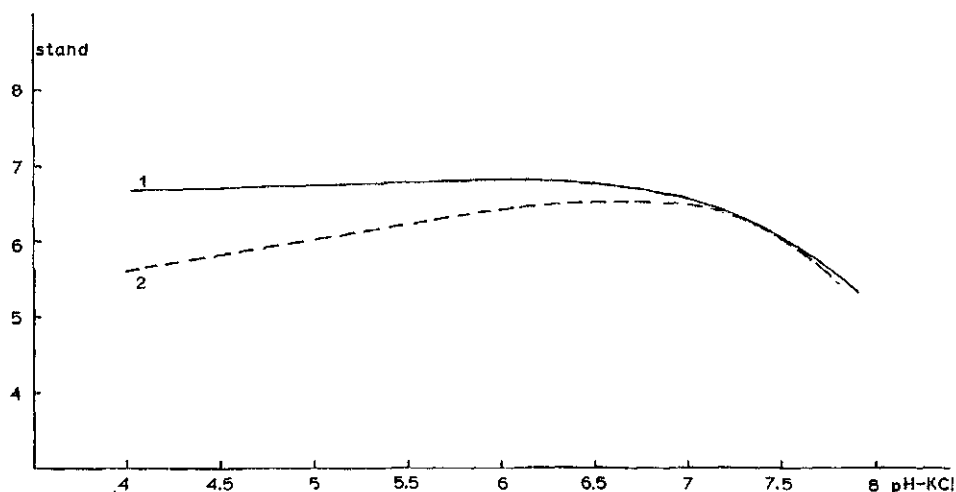


Fig. 36. Influence of pH for soils relatively high (1) and low (2) in available phosphate

De samenhang tussen de reactie van de aardbei op de zuurgraad en de waterhuishouding en fosfaattoestand kan tenslotte als volgt worden samengevat: de aardbei is vrij indifferent voor variaties in de zuurgraad beneden  $\text{pH-KCl} = \text{ca. } 7$  als de fosfaattoestand en de vochtvoorziening gunstig zijn. Onder droge of fosfaatarme omstandigheden zal een lage pH echter met een achteruitgang van het gewas kunnen samengaan. Dat ook op de fosfaatrijkere gronden geen lager pH-optimum werd gevonden (figuur 36, lijn 1) zou eveneens aan een verbetering van de opneembaarheid van fosfaat bij hogere  $\text{pH-KCl}$  tot ca. 7 kunnen worden toegeschreven.

Voor karakterisering van de kalktoestand werd nog het gehalte bepaald aan Calcium oplosbaar in Morgans' reagens.<sup>1)</sup> Dit gehalte varieerde van 50–3600 dpm Ca in het extract (125–9000 dpm Ca in de grond). Aangezien het basenbindend vermogen van deze zandgronden gering is, bestaat er een goede correlatie tussen het gehalte aan

<sup>1)</sup> Een gebufferde oplossing van natrium-acetaat in azijnzuur, met pH 4,8. De extractieverhouding bedroeg 1 : 2,5.

koolzure kalk en Ca-MV. (figuur 37). Er werd berekend dat van het als koolzure kalk berekende calcium 67% werd teruggevonden als in Morgans' reagens oplosbare calcium. Dit kan erop wijzen dat de als  $\text{CaCO}_3$  berekende carbonaten niet uitsluitend als zodanig aanwezig zijn, maar gedeeltelijk uit magnesiumcarbonaat bestaan.

Ca-Mg-carbonaat uit zeeafzettingen is zeer moeilijk oplosbaar in azijnzuur. Het is ook mogelijk dat de kalk in deze gronden gedeeltelijk uit door Morgans' reagens moeilijk aantastbaar schelpgruis bestaat.

Fig. 37. Het verband tussen het gehalte aan koolzure kalk en aan calcium oplosbaar in Morgans' reagens

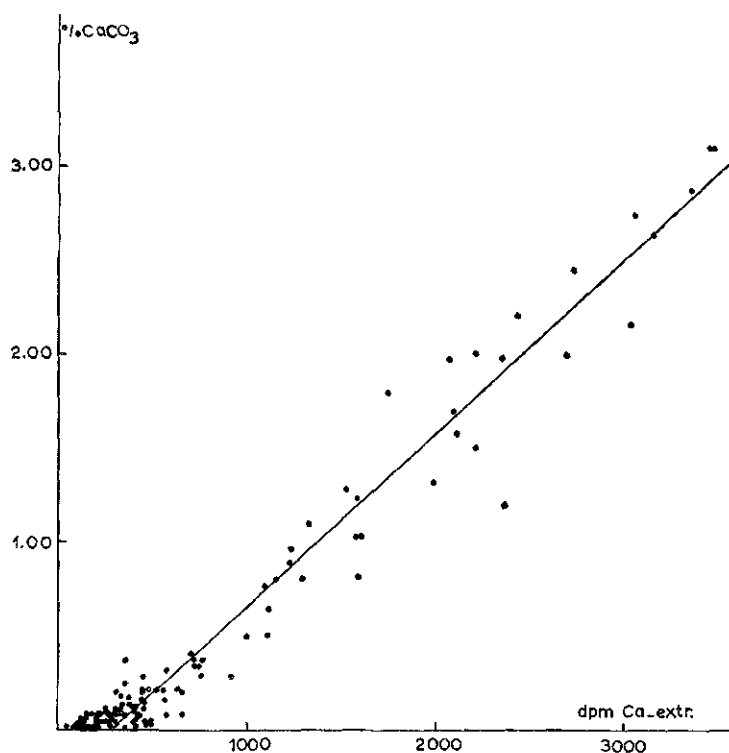


Fig. 37. Lime content and Ca soluble in Morgan's extract (sodium acetate-acetic acid)

Uit de omstandigheid dat de lijn in figuur 37 bijna door de oorsprong gaat, valt verder af te leiden, dat de hoeveelheid aan het adsorbtiecomplex gebonden calcium zeer gering moet zijn. Bij een gemiddeld humus %-resp. gehalte aan afslibbare delen van 1,5% en 6% kan de adsorbtiecapaciteit van deze gronden op  $2(1,5 + \frac{6}{4}) = 6$  meq. per 100 gr. grond worden geschat. Bij een overmaat aan carbonaten, is de som van de uitwisselbare basen ongeveer gelijk aan de adsorbtiecapaciteit. Bij een totale bezetting met Ca-ionen komt 6 meq. per 100 gr. grond overeen met 120 mgr. Ca per 100 gram grond of 480 dpm Ca in het extract.

Nu de aardbeicultuur in het onderzoekgebied zozeer aan betekenis heeft ingeboet, heeft het zin om de toestand van de zuurgraad in 1955 mede te beoordelen met het oog op de eisen van de groente- en de bloembollenteelt. Dat bij het onderzoek nog zoveel zure percelen werden gevonden mag o.a. worden toegeschreven aan de vanouds zo belangrijke aardbeiteelt, die op zure gronden niet spoedig kalkbehoefte vertoont. Uit het onderzoek van DELVER en STRUYS (16) is gebleken dat de  $\text{pH-H}_2\text{O}$  voor groenten en bloembollen minstens 6,5 ( $\text{pH-CK1} = 5,8$ ) moet bedragen. Beneden deze waarde kan al spoedig schade door kalktekort worden ondervonden. Men komt dan tot de conclusie dat in 1955 op zeker 40% van alle percelen met het oog op de groente- en bloembollenteelt bekalkt had moeten worden.

## 6.9 Fosfaattoestand van de grond

In hoofdstuk 4 en in par. 6.8 werd reeds vermeld dat de fosfaattoestand op de proefplekken werd vastgelegd door middel van het P-getal, het P-citr en het P-MV-cijfer.<sup>1)</sup> De bepalingen van het P-getal en van het P-citr-cijfer door het Bedrijfslaboratorium voor grond- en gewasonderzoek te Oosterbeek, zijn in 1958 vervangen door die van het P-AL-getal. Het P-getal wordt voor de meeste tuinbouwmonsters nog wel bepaald.

Hoewel het dus niet mogelijk is om de samenhang tussen de stand van het gewas en de tegenwoordig bepaalde fosfaattoestand volgens het P-AL-getal weer te geven, kan ons onderzoek voor de interpretatie van dit getal wel aanknopingspunten geven. Er bestaat bij gronden met binnen nauwe grenzen constante humus- en kalkgehalten nl. een goede correlatie tussen P-AL en P-citr. Voor de kalkloze resp. kalkhoudende zandgronden in Kennemerland kan P-AL nl. op 81% en 85% van P-citr worden gesteld.

Op de landbouwkundige betekenis van het P-MV-cijfer zal hier niet nader worden ingegaan. Deze bepaling wordt in ons land niet voor praktijkmonsters uitgevoerd. Het P-MV-cijfer correleert nl. zeer sterk met de zuurgraad van de grond (figuur 43), reden waarom de betekenis van deze bepaling voor de weergave van de fosfaattoestand niet hoog wordt aangeslagen (CORNFELD, 15).

Het verband tussen de stand en het P-getal respectievelijk het P-citr is voor alle percelen gezamenlijk weergegeven in de figuren 38 en 39. In beide figuren is enige achteruitgang van de stand te bespeuren bij lage fosfaatcijfers. Deze achteruitgang suggereert dat het P-getal en het P-citr bij de gebruikelijke bemesting ongeveer 7 resp. 55 moeten bedragen en dat bij zeker 25% van de bezochte percelen voordeel van het verhogen van de fosfaattoestand moet worden verwacht. Uit figuur 38 valt met behulp van het in figuur 5 weergegeven verband te berekenen dat een P-getal van bv. 2 ten opzichte van een toestand bij P-getal 8 overeenkomt met een opbrengstdepressie van 18 kg per are. Uit het zwakke optimum bij P-citr = 55 valt te berekenen dat het P-AL-

<sup>1)</sup> Het P-MV-cijfer geeft, uitgedrukt in dpm P in het extract, de hoeveelheid fosfaat weer, die oplosbaar is in Morgans' reagens (natriumacetaat-azijnzuur, bufferoplossing met  $\text{pH} = 4,8$ ). De schudverhouding is hierbij 1 : 2,5.

Fig. 38. De samenhang tussen de stand en het P-getal

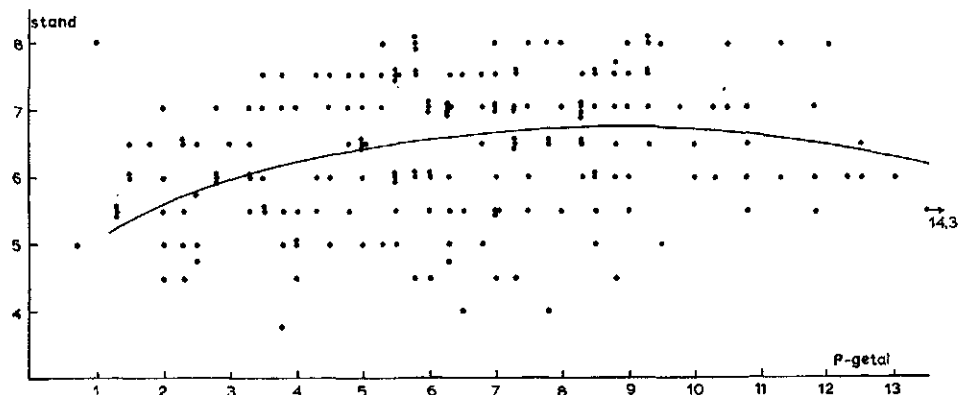


Fig. 38. The relationship between the crop and phosphate soluble in hot water

getal dan ca. 45 zou moeten bedragen, een niveau dat wel in overeenstemming is met de landelijk voor kleinfruit vastgestelde beoordelingsnorm (4).

De reactie van het gewas op lage fosfaattoestanden mocht wel worden verwacht. Reeds in 1942 constateerde VISSER (48) op enkele proefvelden in dit gebied een samenhang tussen de opbrengst van aardbeien en P-citr-cijfers. Hij onderkende naast grondwaterschommelingen vooral de fosfaattoestand als belangrijke groei-beheersende factor.

Fig. 39. De samenhang tussen de stand en P-citr

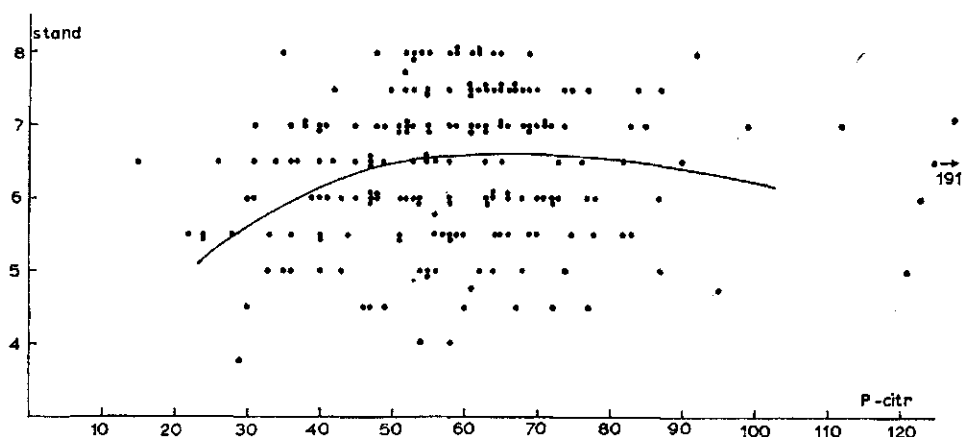


Fig. 39. The relationship between the crop and phosphate soluble in 1% citric acid

De samenhang in de figuren 38 en 39 suggereert ook een zeer geringe achteruitgang in de stand bij hoge fosfaatcijfers. Het is zeer onwaarschijnlijk dat er hier sprake zou zijn van een te hoge fosfaattoestand. Mogelijk heeft een door plaatselijke omstandigheden (bv de waterhuishouding) veroorzaakte minder goede ontwikkeling van het gewas op een deel van de bedrijven langdurig een neiging tot zwaarder mesten doen ontstaan, waardoor hier tenslotte hogere fosfaattoestanden ontstonden. Het is ook mogelijk, dat het hier bedrijven betreft waar het diepspitten om een of andere reden (hoge grondwaterstanden?) niet plaats vond en dat relatief hoge fosfaattoestanden wijzen op het niet of minder vaak uitvoeren van diepe grondbewerkingen. Op dergelijke bedrijven zou de ontwikkeling van het gewas door waterhuishoudkundige oorzaken wat minder gunstig kunnen zijn dan elders.

In dit verband dient er op te worden gewezen, dat het niveau van de fosfaatgehalten van de bovengrond en ook de samenhang tussen het gewas en deze gehalten, niet los mogen worden gezien van de in dit gebied reeds vele jaren bestaande gewoonte om de grond om de paar jaar 3-4 steek diep (70-100cm) om te spitten. Gewoonlijk vindt men in een oud cultuurgebied, waar de grondbewerking tot de bouwvoor beperkt bleef, een sterke ophoping van fosfaat in de bovengrond. De verdeling van de P-citr-cijfers over verschillende bodemlagen, die VISSER (48) in verschillende proefveldjes in dit deel van Kennemerland vond en waarbij in diepere lagen soms meer fosfaat werd aangetroffen dan in hogere, wijst op een sterke homogenisering van de fosfaatvoorraad tot zeker 70 à 100 cm diepte. Dit is ongetwijfeld gevolg van het diepspitten. Daardoor zullen in de bovengrond minder hoge en meer lage P-citr-cijfers voorkomen dan in een zandgebied met een overeenkomstige bemestingsgeschiedenis maar waar niet regelmatig werd gediëpspit.

Zo vond ROORDA VAN EYSINGA (41) bij een grote serie bemestingsproeven op zandgronden in Limburg een variatie in aanvankelijk aangetroffen P-citr van 60 tot 250! Voor kassla vond hij hierbij als grensgetal waarboven fosfaatbemesting niet meer rendabel werd geacht,  $P\text{-citr} = 187$ . Voor vollegronds groentegewassen op zandgronden vermeldt VAN DER BOON (7) een grensgetal  $P\text{-citr} = 139$ .

Hoewel uit de samenhang in figuur 39 niet kan worden afgeleid boven welk niveau van P-citr de fosfaatbemesting niet meer rendabel wordt, kan wel worden geconcludeerd dat dit niveau voor aardbeien in Kennemerland lager zal uitvallen dan in de hierboven gegeven voorbeelden. Het ligt voor de hand te veronderstellen dat de fosfaatvoorziening vanuit diepere grondlagen hierbij een rol speelt.

Het is bekend (VAN DER PAAUW 36, DE VRIES en DECHERING 51) dat het P-getal en, in veel mindere mate het P-citr-cijfer beïnvloed worden door de zuurgraad van de grond. In de figuren 40-43 is dit verband voor de drie fosfaatgehalten en voor de verhouding P-citr/P-getal weergegeven.

Bij het P-citr, maar vooral bij het P-getal gaan lage waarden gedeeltelijk samen met een hoge pH. Het ligt dus voor de hand te veronderstellen dat de achteruitgang van de stand bij lage fosfaatcijfers in de figuren 38 en 39 voor een deel zou kunnen berusten op een samenhang met te hoge pH's. Omgekeerd zou de achteruitgang van het gewas bij zeer hoge pH's (figuur 34) gedeeltelijk aan een vermindering in de

Fig. 40. De samenhang tussen de pH-KCL en het P-getal. Lijn 1 geeft deze voor een zandgrond in Borgercompagnie (DE VRIES EN DECHERING 51), lijn 2 voor een zandgrond in Trimunt (VAN DER PAAUW 36)

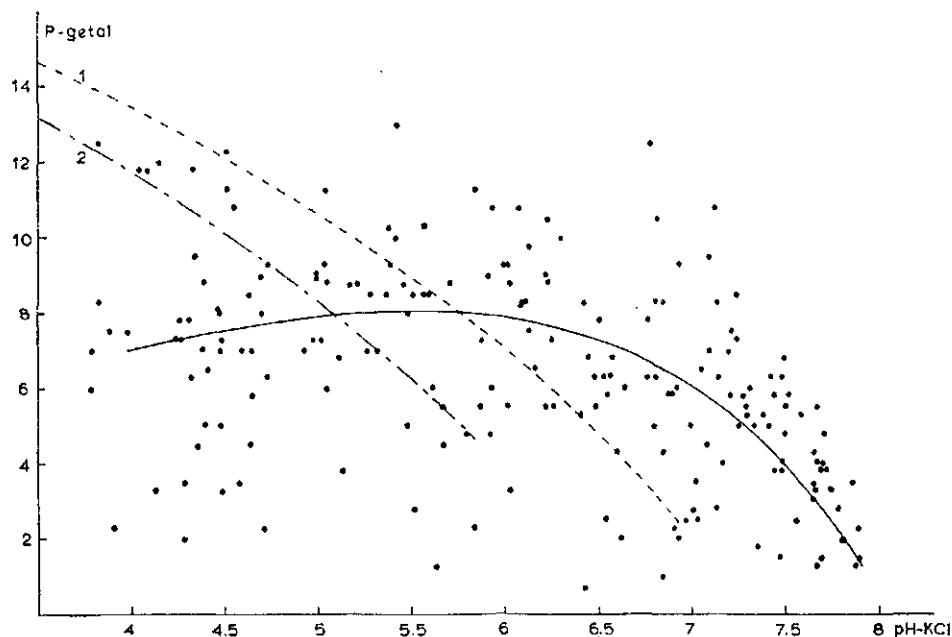


Fig. 40. Relationship between phosphate soluble in hot water and pH-KCL. The broken lines 1 and 2 represent the same relation for sandy soils in Borgercompagnie and in Trimunt respectively

Fig. 41. De samenhang tussen de pH-KCL en P-citr. Lijn 1: zie verklaring figuur 40

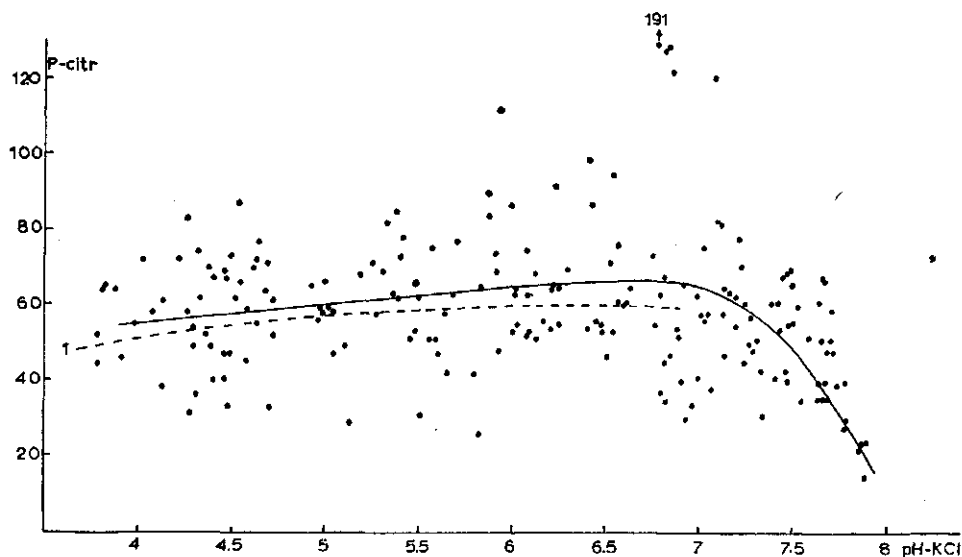


Fig. 41. The same relationship as in figure 40, for phosphate soluble in 1% citric acid. Broken line 1: see explanation for figure 40

directe beschikbaarheid van het fosfaat (figuur 42) kunnen worden toegeschreven.

Om de correlatie tussen het P-getal en P-citr enerzijds en de pH anderzijds te doorbreken, werd de samenhang tussen de stand van het gewas en de fosfaatgehalten ook nagegaan bij drie niveau's van de zuurgraad (figuren 44 en 45). Uit deze figuren blijkt, dat een achteruitgang van de stand bij lage fosfaatcijfers ook bij normale tot lage pH's ( $\text{pH-KCl} < 7$ ) wordt gevonden. In beide bepalingswijzen mag men dus een reële weergave van de fosfaatvoeding van het gewas zien.

Uit de figuren blijkt, dat er ook bij zeer hoge pH's een samenhang tussen de stand en het fosfaatgehalte blijft bestaan. Het optimale P-getal resp. P-citr ligt dan echter lager, nl. bij 5 resp. 50. Aangezien het verband tussen de fosfaatcijfers en de zuurgraad berust op de oplosbaarheid van fosfaat bij de grondextractie, is het waarschijnlijk dat het gewas bij hoge pH toch nog vrij goed het bodemfosfaat kan ontsluiten. Men moet er

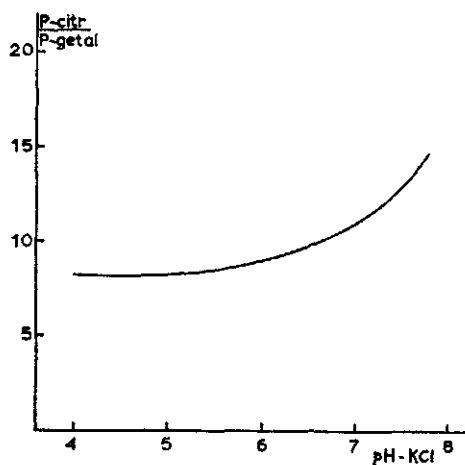


Fig. 42. De samenhang tussen de pH-KCL en de verhouding P-citr/P-getal

Fig. 42. The relation as given in figure 40, for the ratio P-citr/P-getal

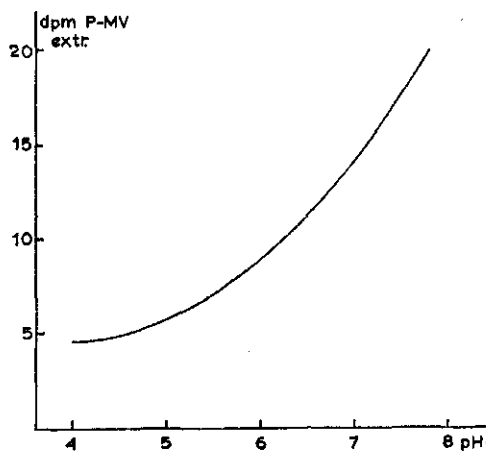


Fig. 43. De samenhang tussen pH-KCL en het fosfaatgehalte bepaald in Morgan's extract

Fig. 43. The relation as given in figure 40 for phosphate soluble in Morgan's solution

bij de interpretatie mee rekening houden dat de fosfaatvoorziening bij hoge pH gunstiger is dan uit het P-getal en P-citr blijkt en dat men bij hoge pH dus wat lagere normen voor het P-getal en P-citr kan stellen.

Bij het onderzoek naar de samenhang tussen de fosfaatcijfers en de zuurgraad (figuren 40 en 41) bleek, dat deze niet geheel overeenkomt met die welke bij onderzoek op andere zandgronden werd gevonden. In figuur 40 zijn twee voorbeelden, in figuur 41 is een voorbeeld gegeven van het verband tussen P-getal resp. P-citr en de pH op Groninger zandgronden. Deze voorbeelden werden ontleend aan VAN DER PAUW (36) en aan DE VRIES en DECHERING (51). Eerstgenoemde auteur vond dat de oplosbaarheid van het fosfaat (het P-getal) in het door hem onderzochte pH-traject ( $\text{pH-KCl} \pm 3,5-5,8$ ) met stijgende pH sterk achteruit liep en dat in dit traject het effect van een betere fosfaattoestand op de opbrengst toenam bij stijgende pH.

Fig. 44. De samenhang tussen de stand en het P-getal bij drie niveau's van de zuurgraad

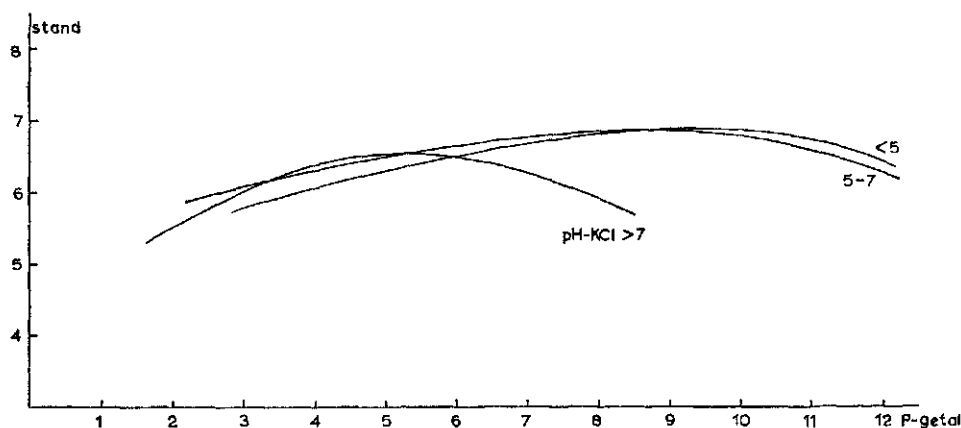


Fig. 44. Interrelationship between phosphate soluble in hot water and the crop vigour at three levels of pH

Bij de Kennemerlandse gronden neemt het oplosbare fosfaat in het genoemde traject zeker niet af, eerder iets toe. Pas bij zeer hoge pH's boven 7, in het algemeen dus bij de kalkhoudende gronden, lopen de P-getallen met stijgende pH zodanig terug dat van een verminderde beschikbaarheid van het fosfaat kan worden gesproken.

Vermoedelijk moet het verschil in gedrag van het fosfaat verklaard worden uit de fixatie van fosfaat door ijzer welke in de onderzochte duinzandgronden bij lage pH plaats vindt. Het P-getal neemt dan bij tussen 4 en 6 stijgende pH-KCl niet af, omdat de fosfaatfixatie in dit traject verminderdt.

De aanwezigheid van ijzer in het onderzochte gebied blijkt duidelijk uit de vele roestverschijnselen die in het bodemprofiel kunnen worden waargenomen en uit de roodbruine kleur van de dicht boven het grondwater gelegen gronden. Dit ijzer wordt in



opgeloste toestand voortdurend door drangwater aangevoerd en kan bij lage pH als onopneembaar ferrifosfaat neerslaan.

Over het pH-traject waarbij fosfaatfixatie plaats vindt vermeldt TRUOG (45) het volgende. De beschikbaarheid van fosfaat is het grootst bij  $\text{pH} = 6,5-7,5$  ( $\text{pH-KCl} = 5,8-7,2$ ). Beneden  $\text{pH} = 6$  ( $\text{pH-KCl} = 5,2$ ) wordt onopneembaar ijzerfosfaat gevormd. Boven  $\text{pH} 7,5$  ( $\text{pH-KCl} = 7,2$ ) wordt, vooral in aanwezigheid van vrije koolzure kalk (WILD 52) het minder oplosbare tricalciumfosfaat gevormd. Bekalken van zure gronden tot ongeveer  $\text{pH} = 6,5$  ( $\text{pH-KCl} = 5,8$ ) kan alleen al door de verbeterde opneembaarheid van het fosfaat tot betere resultaten leiden.

Fig. 45. De samenhang tussen de stand en P-citr bij drie niveau's van de zuurgraad

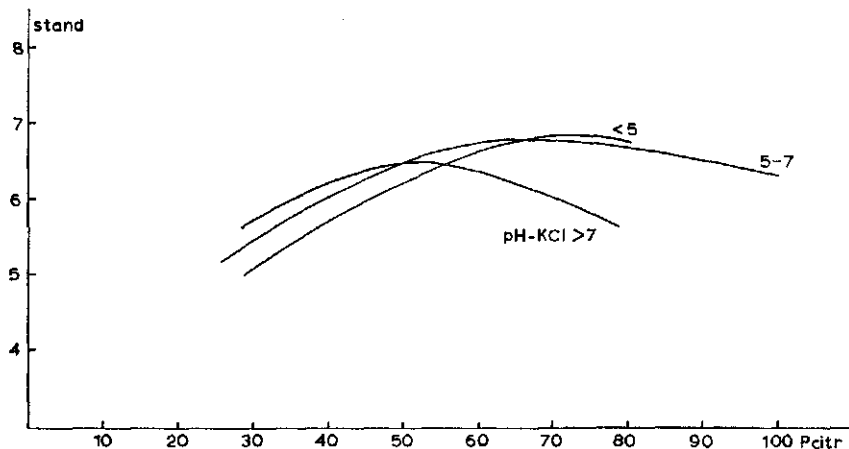


Fig. 45. As figure 44, but for phosphate soluble in 1% citric acid

Deze voorstelling van zaken lijkt ook op de situatie in Kennemerland van toepassing te zijn. Het vrij hoge pH-optimum, dat voor de fosfaatarme gronden werd gevonden ( $\text{pH-KCl} = 6,5-7,0$  in figuur 36) kan dan uit een betere opneembaarheid van fosfaat bij dit pH-traject worden verklaard.

De fosfaatgehalten bleken ook enigszins samen te hangen met de ijzerrijkdom van de grond, voor zover deze uit de profielbeschrijvingen kon worden beoordeeld. De percelen werden ingedeeld in een groep met duidelijke roestverschijnselen of roodbruine tinten in de bovengrond en in een groep met ogenschijnlijk weinig of geen roest in deze laag. Beide groepen verschillen vermoedelijk slechts weinig in ijzergehalte, aangezien roest in vrijwel alle profielen wel voorkomt. Na een kleine correctie op gelijke gemiddelde  $\text{pH-KCl} = 6,23$  werden voor de 88 'ijzerrijke' en 90 'ijzerarme' monsters gemiddeld respectievelijk gevonden: P-getallen 5,6 en 6,7; P-citr 54 en 62 en P-MV 11,2 en 12,9. Het ligt voor de hand, bij deze verschillen aan meer of minder sterke fosfaatfixatie door ijzer te denken.

Bij het onderzoek naar mogelijke aanwijzingen voor het bestaan van fosfaatfixatie werd ook een duidelijk verband gevonden tussen de fosfaatgehalten en de hoeveelheid in Morgan's extract oplosbaar ijzer. In figuur 46 is dit verband weergegeven voor monsters met een pH-KCl lager dan 6,5. De lijnen laten zien dat hoge fosfaatcijfers vooral worden aangetroffen beneden een bepaalde waarde van oplosbaar ijzer (ca. 3 dpm. Fe-MV in het extract). Dit geldt speciaal voor fosfaat oplosbaar in Morgans' reagens, waarvoor een duidelijk hyperbolisch verband met de ijzercijfers werd gevonden. Dit moet mede worden toegeschreven aan de omstandigheid dat binnen het traject tot pH-KCl = 6,5, het P-MV duidelijk positief, het Fe-MV duidelijk negatief met de zuurgraad is gecorreleerd.

Voor de P-citr-cijfers is het verband in figuur 46 vrij zwak, vermoedelijk omdat bij deze bepaling ook een deel van de ijzerfosfaten in oplossing gaat.

Mag men in de hoogte van de ijzercijfers mede een maat zien voor het fosfaatfixerend vermogen van deze gronden, dan geeft figuur 46 wel steun aan de veronderstelling dat fixatie door ijzer in het onderzochte gebied een rol speelt bij de beschikbaarheid van bodemfosfaat. Op dergelijke gronden verdient de fosfaatvoorziening extra aandacht. Hoewel fosfaatbestedingsproeven op deze gronden vrijwel niet zijn genomen, mag een gunstige reactie op fosfaat bij lage fosfaatcijfers zeker worden verwacht. ROORDA VAN EYSINGA (41) en PRUMMEL (38) vonden respectievelijk op ijzerhoudende zand-(baamd-) gronden in Limburg en op zure ijzerhoudende kleigrond

Fig. 46. Het verband tussen de in Morgan's reagens oplosbare hoeveelheid ijzer en de drie fosfaatbepalingen, voor gronden met pH-KCl < 6,5. 1. P-getal; 2. P-MV; 3. P-citr

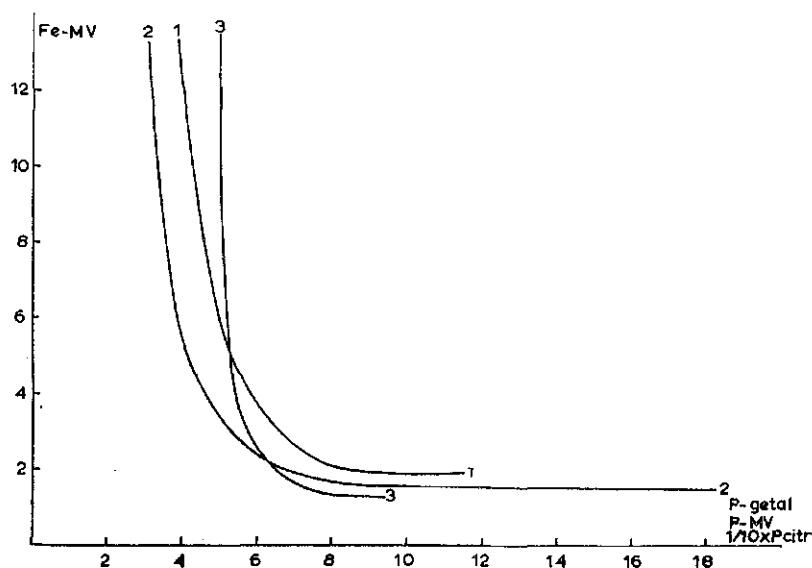


Fig. 46. Iron soluble in Morgan's solution, as related to phosphate soluble in three extracting agents. Soils with pH < 6,5 only

(rodoorn) duidelijke reacties of fosfaatbemesting. In Kennemerland zou de gunstige reactie van veel gewassen op bekalkingen (DELVER en STRUYS, 16) mede aan een verbetering van de opneembaarheid van bodemfosfaat kunnen worden toegeschreven.

Door de omstandigheid dat VISSER (48) bij zijn uitgebreide agrohydrologische onderzoek in het gebied Beverwijk-Heemskerk uit 600 grondmonsters daterend van vóór 1943, een overzicht samenstelde over de fosfaattoestand, kon een indruk worden verkregen over de verandering in de fosfaattoestand over een periode van naar schatting 17 jaren. Uit de gegevens van VISSER en die van ons eigen onderzoek werd tabel 4 samengesteld.

Tabel 4. Overzicht van de fosfaattoestand in het gebied Beverwijk-Heemskerk in de periode vóór 1943 (600 monsters naar gegevens van VISSER 48) en in 1955 (200 monsters)

P-getal/ P-number <sup>1)</sup>	Aantal percelen in %		P-citr/ P-citric acid	Aantal percelen in %	
	number of fields in % vóór/before 1943	1955		number of fields in % vóór/before 1943	1955
0	1,2	0	0-20	3,0	0,5
1-2	19,0	9,5	21-40	25,8	15,5
3-4	24,3	16,0	41-50	23,0	13,0
5-6	25,5	27,0	51-60	17,5	26,0
7-8	16,1	22,0	61-80	23,6	36,5
9-10	10,6	16,5	81 en/and > 81	7,1	8,5
11 en/and > 11	3,3	9,0			
gemiddeld P-getal/ average P-number <sup>1)</sup>	5,1	6,4	gemiddeld P-citr./ average P-citric acid	51,5	58,7

<sup>1)</sup> In water soluble phosphate

Table 4. The phosphate status in the area Beverwijk-Heemskerk in the period preceding 1943 (600 samples according to an investigation by VISSER 48) and in 1955 (200 samples)

Nemen we aan dat de gegevens vóór 1943 gemiddeld uit 1938 stammen, dan is het P-getal sedertdien gemiddeld met 0,08 en P-citr met 0,4 per jaar gestegen. Zonder de oorlogsjaren zou deze stijging vermoedelijk iets sterker zijn geweest, terwijl verwacht mag worden dat ook het diepspitten remmend op de stijging van de fosfaatcijfers heeft gewerkt. De verbetering van de fosfaattoestand is overigens wel duidelijk.

Ook de pH heeft in deze periode een stijging ondergaan. Uit de gegevens van VISSER (48) kon worden berekend dat de pH-H<sub>2</sub>O vóór 1943 gemiddeld 6.15 bedroeg. Uit de gegevens van 1955 werd een gemiddelde waarde van 6,68 berekend. Kalkhoudende gronden waren in beide gevallen inbegrepen. De zuurgraad werd in de eerstgenoemde periode echter nog volgens de chinhydron-methode met een platina-electrode bepaald.

Hiermee worden ca. 0,3 pH lagere waarden verkregen dan met de in 1955 gebruikte calomelelectrode. De pH-H<sub>2</sub>O-stijging heeft in 17 jaar tijds dus ca. 0,23 bedragen. Laat men de kalkhoudende gronden buiten beschouwing dan valt dit verschil uiteraard wat groter uit. Er heeft bij de niet kalkhoudende gronden dus wel een duidelijke verschuiving naar hogere pH's plaats gevonden.

## 6.10 Overige bodemvruchtbaarheidsfactoren

Hoewel de bestudering van de overige waargenomen bodemvruchtbaarheidsfactoren geen bijzondere inzichten heeft opgeleverd, zal op de betekenis hiervan kort worden ingegaan. In de grondmonsters werden nog de gehalten aan in Morgans' reagens oplosbare nitraatstikstof, kalium, magnesium, aluminium en mangaan bepaald. De humusgehalten van de grond werden geschat.

De *stikstofbehoefte* van de aardbei wordt als matig beschouwd. VOTH e.a. (50) noemen een bemesting in het voorjaar economisch verantwoord tot 75–150 kg N per ha. DENNISON e.a. (17) komen in potproeven tot een optimale gift van 100 kg N per ha. GERRITSEN (zie KRONENBERG e.a. 27) noemt als norm 120 kg N per ha, waarvan een derde deel in september moet worden gegeven. Bij hoge giften in het voorjaar ontstaat al spoedig een te weelderige bladontwikkeling. Het gevolg hiervan is een hoge luchtvochtigheid tussen het bladerdek, waardoor de kans op vruchttrot (*Botrytis*) sterk toeneemt. Vooral bij de teelt onder glas is dit risico groot. Veel stikstof kan ook wortelverbranding geven (BORGMAN 9). Bij een lage stikstofvoorziening treedt uiteraard enige opbrengstdepressie op, maar de kwaliteit van de vruchten gaat hierdoor niet spoedig achteruit. (BÜNEMANN en GRUPPE 13, BOULD 11). In de praktijk wordt stikstof doorgaans in twee perioden gegeven, nl. in het vroege voorjaar en na de pluk. LONG (28) toonde aan dat stikstof in juli tot september de bloemaanleg bevordert. Een literatuuroverzicht over de stikstofbemesting bij aardbeien werd door VAN DER BOON (8) gemaakt.

Door de regelmatige stalmestbemesting, die in Kennemerland in giften van 50–100 ton per ha jaarlijks met het oog op de natuurlijke armoede van deze zandgronden moet worden toegepast, is de kans op stikstofgebrek niet groot. Lichte bladkleuren die, op een tekort konden wijzen werden dan ook niet waargenomen. Aangezien stikstof slechts langzaam door vertering uit stalmest vrijkomt en het risico van vruchttrot de praktijk ervan weerhoudt veel kunstmest ineens te geven, mocht in de nitraatgehalten in de grond geen grote spreiding worden verwacht. Figuur 47 laat zien dat de stikstofgehalten variëren tussen 1 en 17 dpm nitraat-N in de droge grond. Dit komt in de bemonsterde laag (20 cm) overeen met 3–51 kg N per ha. De meeste percelen hadden echter gehalten beneden 5 dpm N.

De *samenhang* in figuur 47 laat zien dat relatief hoge stikstofcijfers vooral bij matige gewassen voorkomen. Dat hierbij van een directe invloed van stikstof op het gewas sprake zou zijn, is om verschillende redenen onaannemelijk. Ten eerste moet worden

Fig. 47. Het verband tussen de stand en het stikstofgehalte van de grond. Tengevolge van de neiging van de praktijk om vooral minder goede gewassen na de oogst een stikstofbemesting te geven treft men hier hogere nitraat-N gehalte aan

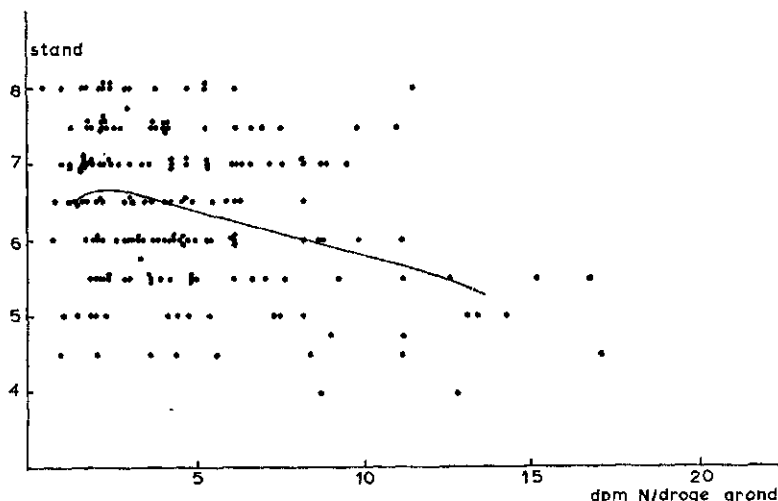


Fig. 47. Relationship between the crop and the nitrate content of the soil. Strawberry growers often give top dressings in the summer to crops showing unsatisfactory growth. Consequently a negative correlation was found between the vigour of the crop and the nitrate content in the summer

aangenomen dat de hogere nitraatcijfers in juli 1955 werden veroorzaakt door recente kunstmestgiften zoals die in de periode na de oogst wel worden toegepast. Deze kunnen de ontwikkeling van het gewas dus nog niet hebben beïnvloed. Voorjaarsgiften kunnen op de spreiding van de cijfers slechts een geringe invloed hebben gehad. Deze stikstof moet door opname en uitspoeling reeds grotendeels uit de 0-20 cm laag zijn verdwenen. In de tweede plaats zal stikstofovermaat binnen het traject van toegepaste bemestingen geen minder ontwikkelde eerder weelderig ontwikkelde gewassen met dus hoge standcijfers hebben kunnen veroorzaken. Tenslotte is ook het niveau van de aangetroffen nitraatconcentraties veel te klein om hiervan een nadelige invloed op de vegetatieve ontwikkeling van het gewas te mogen verwachten. Wij menen daarom in de samenhang in figuur 47 vooral een aanwijzing te mogen zien, dat in de praktijk de gewoonte bestaat om vooral slecht ontwikkelde gewassen een overbemesting te geven met het doel deze nog wat aan de groei te krijgen. In enkele gevallen werden ook inderdaad nog kunstmestkorrels op de grond aangetroffen. Of deze gewoonte speciaal waar het de minder goede gewassen betreft juist is, kan worden betwijfeld. In de meeste gevallen zal de oorzaak van de slechte groei immers in een ontoereikende vochtvoorziening in de periode voor de zomer moeten worden gezocht.

Van groter belang dan de stikstofbemesting wordt de voorziening van de aardbei met *kali* geacht. Een tekort geeft niet alleen een lagere produktie, ook de kwaliteit gaat achteruit (BOULD en CATLOW 12, BOULD 11, KIESER e.a. 23). Kali bevordert o.a. het

gehalte aan suikers en organische zuren (BÜNEMANN en GRUPPE 13) en kan de oogst vervroegen (BORGMAN 9). GERRITSEN (27) noemt als norm voor de kalibemesting op rivierklei 300 kg  $K_2O$  per ha als patentkali in september te geven.

In ons materiaal werd een zwakke samenhang gevonden tussen de ontwikkeling van het gewas en het kaligehalte van de bovengrond (fig. 48). Bij de laagste gehalten, beneden 20 dpm K, was van een iets minder goede stand sprake. Dit was bij ca. 10% van de percelen het geval. De kalitoestand lijkt dooreengenomen dus voldoende hoog te zijn. Ongetwijfeld betekent de regelmatige stalmest bemesting ook voor kali, dat uitgesproken lage toestanden niet spoedig voorkomen. De lichte achteruitgang in de stand, die bij de hoogste kaligehalten waarneembaar is, mag niet aan kaliovermaat worden toegeschreven. Het bleek nl. dat deze hoge kaligehalten overwegend afkomstig waren van een groep afwijkende gronden in het uiterste noorden van het onderzochte gebied. In deze strandwalovergangsgronden, waarvan het kaligehalte in de bovengrond gemiddeld 54 dpm K in het extract bedroeg, werd op 50–80 cm diepte een storende meer of minder dikke klei-veenlaag aangetroffen. Op deze percelen kwamen over het algemeen niet de beste gewassen voor. Een verklaring voor de hoge kaligehalten in de zandige bovengrond van deze percelen ligt niet direkt voor de hand. Mogelijk spoelt kali hier minder sterk uit dan op de geheel uit zand bestaande geestgronden. Bij de relatie tussen het gewas en het kaligehalte dient men wel bedacht te zijn op een mogelijke koppeling van dit gehalte aan nog andere groeifactoren. Zo zal het kalicijfer aan het stalmestgebruik kunnen zijn gekoppeld. Ook met de geschatte humusgehalten kon een samenhang worden aangetoond: bij respectievelijk 0,5–1–1,5–2–2,5 en 3% humus bedroeg het gemiddelde gehalte aan kali 16,5–31,4–33,2–36,3–37,9 en 41,4 dpm. Kali zou daarmee dus ook gedeeltelijk aan verschillen in de vocht-huishouding kunnen zijn gekoppeld.

Fig. 48. Het verband tussen de stand en de hoeveelheid in Morgans' reagens oplosbare kali

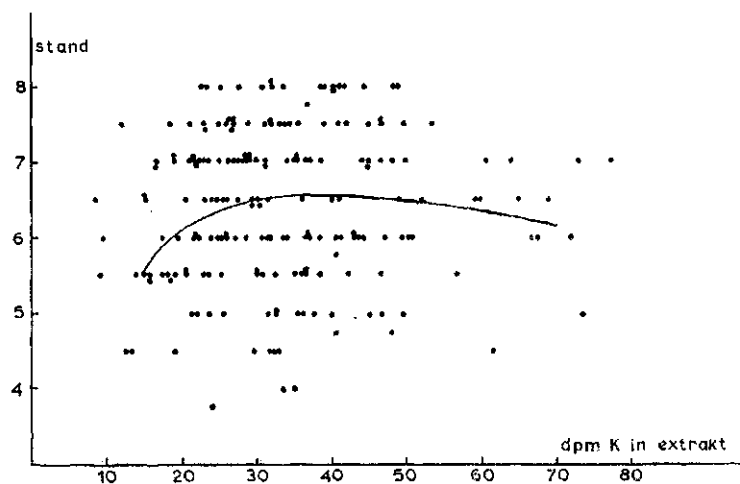


Fig. 48. The relationship between the crop and potassium soluble in Morgan's solution

Over de invloed van *magnesium* valt weinig te zeggen. Symptomen van magnesium--gebrek werden op een enkel geval na niet aangetroffen. Tussen het gewas en het magnesiumgehalte, dat van 5 tot 40 dpm Mg in het extract varieerde, bestond geen samenhang. De kali- en magnesiumcijfers bleken wel duidelijk te zijn gecorreleerd: bij 20 resp. 60 dpm kali bedroeg het magnesiumgehalte gemiddeld 13 resp. 23 dpm Mg. Bepaalde factoren die de variatie in het kaligehalte beïnvloeden, doen dit blijkbaar ook voor het magnesiumgehalte. Zulke factoren zijn bv. het humusgehalte en het gebruik van stalmest en patentkali.

De *aluminium-* en *mangaangehalten* hebben geen nader inzicht opgeleverd. Wel werd een nauwe correlatie tussen deze gehalten en de pH gevonden. De Al-cijfers bedroegen bij pH-KCl 4-5-6-7- en 7,5 gemiddeld 8,5-2,9-1,6-1,2 en 1,1 dpm Al in het extract. Bij deze pH-waarden waren de Mn-cijfers resp. 1,6-0,9-0,6-0,7 en 2,0 dpm Mn in het extract.

Dat het *humusgehalte* o.a. via de vochthoudendheid en het gehalte aan voedingsstoffen van de grond een belangrijke invloed op het gewas moet uitoefenen, mag wel worden aangenomen. VISSER (48) vond bv. dat het midden van de open capillaire zône bij 1 % humus 20cm, bij 3 % humus 40 cm boven het grondwatervlak lag. Een samenhang tussen het humusgehalte en het gewas werd niet gevonden, vermoedelijk omdat de invloed van humus wordt doorkruist door die van de waterhuishouding. Er bestond nl. een samenhang tussen het geschatte humusgehalte en de grondwaterstand in juli. Bij grondwaterstanden van 70 cm of hoger bedroeg het humuspercentage 3. Bij 85 en bij 100 cm of lager werd gemiddeld 2 resp. 1,5 % humus berekend.

## Samenvatting

In het tuinbouwcentrum Beverwijk-Heemskerk werden in juli 1955 gegevens verzameld voor een proefplekkenonderzoek met het aarbeiras Oberschlesiën. Doel was na te gaan, welke factoren invloed uitoefenen op de ontwikkeling van het gewas.

Het gebied omvatte destijds 600 ha tuinbouw waarvan 150 ha met aardbeien werd beteeld. De grond bestaat uit sterk doorlatend, ontkalkt duinzand met een uniforme opbouw van het profiel. Van nature komen grote verschillen in grondwaterstand voor, die samenhangen met de topografie, uit de duinen toestromend drangwater en de ontwateringstoestand. Zonder kunstmatige vochtvoorziening zijn veel van deze gronden droogtegevoelig. Er werd vroeger dan ook veel schade door droogte ondervonden. Thans beschikken de meeste bedrijven over opgepompt water ten behoeve van bevoeiing of beregening.

De waarnemingen werden in een periode van drie weken op tweehonderd percelen uitgevoerd. Van het gewas werd de ontwikkeling vastgelegd in een standcijfer (figuren 4 en 5). De leeftijd in plukjaren werd genoteerd. Het voorkomen van symptomen van de verwelkingsziekte (*Verticillium albo atrum*, REINKE en BERTHOLD) en van wortelaaltjes ('kanker', *Pratylenchus penetrans* (COBB)) werd in een cijfer vastgelegd. Voorts werden gegevens verzameld over grondontsmetting met formaline, de grondwaterstand, het bodemprofiel, de bevoeiing, slechte plekken en de onkruidflora. In een grondmonster werd het koolzure kalkgehalte, de zuurgraad, de fosfaattoestand (fosfaat oplosbaar in warm water, 1 % citroenzuur en Morgan's reagens) en  $\text{NO}_3$ , Ca, Mg, K, Mn, Fe en Al oplosbaar in Morgan's reagens bepaald. Het humusgehalte werd geschat. Uit schattingen, verricht door de hoofdassistent van de Tuinbouwvoorlichtingsdienst, werd een indruk verkregen over relatieve verschillen in gemiddelde ligging boven het grondwater en over de mate van jaarfluctuatie van dit water. Het onderzoek bestond uit het nagaan van de samenhang tussen het gewas en de onderscheiden groei-factoren. De landbouwkundige betekenis van deze samenhangen wordt besproken. Als gevolg van de beperkte opzet van het onderzoek en van de aard van sommige waarnemingen kon geen uitgebreide statistische bewerking worden toegepast.

De sterke samenhang tussen de stand en zichtbare symptomen van *Verticillium* (figuur 9) kan slechts voor een deel op een werkelijke invloed van de bodemschimmel berusten. Deze symptomen hangen nl. ook samen met andere groeifactoren, zoals die welke op de vochtvoorziening van het gewas betrekking hebben (figuur 10). Er wordt beredeneerd dat zwakke gewassen de ziekteverschijnselen sterker vertonen dan gezonde krachtige gewassen. Uit de waarnemingen over de veelheid van ziektesymptomen kan dus geen conclusie over de directe invloed van *Verticillium* worden getrokken.



Het voorkomen van symptomen van zwart wortelrot lijkt in veel mindere mate met de toestand van het gewas samen te hangen. Hier speelt vooral de besmettingsgraad een grote rol. Toch wordt ook hier nog een samenhang tussen de veelheid van ziektesymptomen (plekkerigheid in het gewas) en de toestand van vochtvoorziening gevonden. Met de leeftijd van het gewas neemt de aantasting door aaltjes duidelijk toe.

De ontsmetting van de grond tegen *Verticillium* en aaltjes werd in 1955 nog uitsluitend uitgevoerd met formaline. Deze behandeling was niet steeds volledig effectief (tabel 2, figuur 14). Het verschil in stand en in hoeveelheid ziektesymptomen tussen niet en wel ontsmet blijkt op de hoog gelegen percelen samen te hangen met de geschatte jaarfluctuatie van het grondwater (figuren 31 en 32). Hieruit wordt geconcludeerd dat de grondontsmetting bij hoge winterwaterstanden minder volledig was (geringere diepte van ontsmetting), of dat gewassen met een relatief gunstige vochtvoorziening in het voorjaar minder positief op vermindering van de besmettingsgraad reageren.

Op niet bevroede bedrijven blijken jaarschommeling en diepte onder het maaiveld belangrijke aspecten van het grondwater te zijn. Het grondwater vertoont van winter tot zomer een fluctuatie, die ten gevolge van drangwater uit de duinen en het drainerend effect van sloten niet overal gelijk is en die zich op wisselende diepte onder het maaiveld kan afspelen (figuren 7 en 15). Er werden twee optimale zomerwaterstanden bij ca. 70 en bij 105 cm gevonden (figuren 16–18). Deze samenhang tussen het gewas en het grondwater is waarschijnlijk ontstaan door de variatie en de begrenzing van de worteldiepte. Bij lage ligging ten opzichte van het gemiddelde waterpeil ontstaan als gevolg van wateroverlast in de zomer vrij uniform korte wortelstelsels. De diepte hiervan (ca. 35 cm) wordt bepaald door de minimale diepte van ontwatering door ondiepe afwateringsbeken. Deze gewassen reageren zeer scherp op lage grondwaterstanden in de zomer. De optimale stand bedraagt hierbij ca. 70 cm-mv (figuur 20). Een toename in de jaarschommeling werkt bij deze gewassen zeer ongunstig op de stand (figuur 19 I).

Op de hoog gelegen percelen wordt de diepte van de beworteling niet door het grondwater maar vermoedelijk vooral door de bewortelbaarheid van de ondergrond (diepspitten), de groeisnelheid van de adventiefwortels en door de vochtvoorziening bepaald. Op de meeste percelen zal de hoofdmassa van het wortelstelsel tot 75 cm diepte reiken. Voor deze gewassen geldt een optimale stand van het water in de zomer van ca. 105 cm. (figuur 18) Een sterke jaarschommeling voor zover merkbaar in hogere winterwaterstanden (matig roest in de laag 0–60 cm, figuur 23) betekent voor deze groep een betere en langer durende vochtvoorziening in het voorjaar (figuur 19 II en III). Tussen genoemde groepen van gewassen ligt een overgangsgroep met wortelstelsels variërend tussen 35 en 75 cm die in wisselende mate wateroverlast ondervinden. Het veronderstelde gedrag van de beworteling bij verschillende grondwatersituaties is in de figuren 25–28 weergegeven. Bewortelingsonderzoek werd niet uitgevoerd.

Ook op bedrijven met greppelbevloeiing, waardoor tijdelijke verhoging van het grondwater wordt verkregen, heeft het natuurlijke gedrag van het grondwater nog invloed op de stand (figuur 29). Een sterkere jaarfluctuatie, merkbaar in roest in de laag 0–60 cm, heeft ook hier een enigszins gunstig effect (fig. 30).

Bij een variatie in  $\text{pH-KCl} = 3,8-7,9$  ( $\text{pH-H}_2\text{O} = 4,8-8,0$ ) werd een zwak optimale ontwikkeling gevonden bij  $\text{pH-KCl} = 6-7$ . De reactie op de zuurgraad bleek enigszins af te hangen van de vochtvoorziening en van de fosfaattoestand van de grond (figuren 35 en 36). Bij lage fosfaatcijfers ging het gewas, vermoedelijk als gevolg van fosfaatfixatie door ijzer, achteruit bij lage pH. Boven  $\text{pH-KCl} = 7$  ging de stand snel achteruit.

De fosfaattoestand had een duidelijke invloed op de stand. Een optimale ontwikkeling werd gevonden bij  $\text{P-getal} = 7$  en  $\text{P-citr} = 55$  (figuren 38 en 39). Dit komt overeen met  $\text{P-Al}$  ca. 45. Bij hoge pH liggen deze waarden wat lager (figuren 44 en 45). Een verbetering in de fosfaattoestand over een periode van ca. 17 jaar kon worden berekend met behulp van gegevens van VISSER (48).

De samenhang tussen het nitraatgehalte van de grond en de stand (figuur 47) weer spiegelt vermoedelijk de praktijkgewoonte om matige gewassen na de pluk een extra stikstofbemesting te geven. Een invloed van stikstofovermaat is hierbij niet in het geding. Slechts bij een klein percentage akkers kon van een iets lage kalitoestand worden gesproken (figuur 48). Met de magnesiumtoestand werd geen samenhang gevonden. Door de regelmatige en zware stalmestbemesting zullen stikstof-, kali- en magnesiumgebrek weinig voorkomen. Het humusgehalte varieert als gevolg van verschillen in de waterhuishouding. Een invloed van het humusgehalte kon daardoor niet worden aangetoond.

## Summary

An investigation was made to establish which growth factors influenced the development of the strawberry crop (var. Oberschlesiën) in the horticultural area of Beverwijk-Heemskerk, situated behind the dunes west of Amsterdam. At that time the area comprised 1300 acres of horticultural land of which 350 were regularly planted with strawberries. The soils mainly consist of very permeable sand decalcified in the course of centuries and having a fairly uniform profile (beach-bank soils). However, there are distinct local differences in the depth and the behaviour of the groundwater table that are connected with the topography, seepage water from the western dunes and the draining influence of shallow ditches. On many soils crops suffered from drought in the past. At present, however, the majority of holdings have wellwater for irrigation or sprinkling.

The observations were carried out on two hundred strawberry fields over a period of three weeks in July 1955. The development of the crop was noted by means of vigour marks (figures 4 and 5). The following growth factors were recorded or marked: age of the crop in years after planting; symptoms of Verticillium wilt (*V. albo atrum*, REINKE and BERTHOLD) and black rootrot (*Pratylenchus penetrans* (COBB)); soil sterilisation with formaldehyde; groundwater table depth in July; soil profile; irrigation; spots of poor growth and weeds. A soil sample was analysed in the laboratory. Data were obtained on the lime content, pH in water and in 1N KCl soil suspension; phosphate soluble in hot water, 1% citric acid and Morgan's solution. Furthermore, soluble in Morgans' solution (sodium acetate-acetic acid, pH = 4.8): NO<sub>3</sub>, Ca, Mg, K, Mn, Fe and Al. The humus content was estimated. Based on long-established experience in this area, estimates were made by the chief assistant of the horticultural extension service on the relative differences in height above the average annual groundwater level and seasonal fluctuations of this level. The relations between the crop vigour and the condition of the growth factors were investigated. The agricultural significance of these relations is discussed. The nature of some of the observations and limitations in the arrangement of the investigation did not permit of extensive statistical treatment of the relations.

The close relationship between the vigour of the crop and visible symptoms of Verticillium wilt (figure 9) is only partly attributable to the true influence of the soil fungus, because these symptoms are also connected with other growth factors such as the moisture supply of the crop (figure 10). In discussing the facts it is concluded that poor crops under unfavourable water supply are less tolerant to the disease and show more symptoms than vigorous crops. Consequently, the symptoms do not reflect the

degree of contamination of the soil. Therefore no conclusion can be drawn on the direct influence of *Verticillium*. To some extent the relation between crop growth and visible symptoms of black rootrot may also be affected by such other factors as the moisture supply. In this case, however, the amount of symptoms (spots of poor growth) are more influenced by the degree of nematode contamination of the soil. More symptoms of black rootrot were found in older crops.

In 1955 soil sterilisation against *Verticillium* wilt and nematodes was exclusively done in winter with formaldehyde. The treatments on an average resulted in only a partial decrease of symptoms (table 2, figure 14). The difference in vigour and in quantity of symptoms between crops on sterilized and non-sterilized high lying fields was related to the estimated differences in groundwater fluctuation (figures 31 and 32). From this relationship it was concluded that soil treatment with formaldehyde either will result in a shallower and therefore less effective sterilisation with higher water tables during the treatment, or the crop will show less response to the sterilisation if the water supply is favoured by high water tables during springtime.

On non-irrigated fields the average depth of the groundwater and fluctuations of this water during the year have a great influence on the crop. The sand mainly consists of particles between 100 and 300  $\mu$ . The humus content is low (0,5-2,5%). The effective rise of the groundwater amounts to only 25-40 cm. To a varying degree the behaviour of the groundwater is influenced by seepage water and drainage (figures 7 and 15). The relationship between the crop and the summer water table (figures 16-18) shows two levels of optimum growth at approx. 70 and 105 cm depth, that are likely determined by differences and limitations in the rooting depth. On fields with a low situation above the average groundwater level, high water tables after summer rains result in short root systems of which the depth (35 cm approx.) is determined by the minimum level of drainage by ditches. On these fields the receding of the groundwater in the spring and in the early summer or, which is the same, an increase in the estimated fluctuation rate had a significantly unfavourable effect on the crop (figures 19 I and 20).

On fields with a relatively high situation above the groundwater, the growth of the roots is not hampered by the water table. Here the maximum rooting depth (75 cm on estimate) is presumably determined by the growth rate of the roots and by the accessibility of the deeper soil strata. The latter depends in turn on the deep tillage of the soil that was usually done up to 80 cm depth. The assumed average depth of the roots of 75 cm on the higher field is in accordance with the second groundwater level where optimum growth was found at 105 cm (fig. 18). An increase in seasonal fluctuation of the groundwater (figure 19 II and III), shown by more gley-rust spots in the 0-60 cm soil layer (figure 23) was found to coincide with a somewhat better crop growth. It is assumed that in this case, relatively high water tables in the winter mean a better and longer-lasting moisture supply during the spring and early summer. Between the two mentioned groups of fields with extreme hydrological conditions there is a transitional group with root systems between 35 and 75 cm. Here the rooting depth is variably influenced by high watertables during the summer. A schematic representation of

different hydrological situations and of the assumed rooting depth during two years is given in figures 25–28. Systematic root studies were not carried out.

On fields where a temporary rise of the groundwater is effected by furrow irrigation, crop growth is still influenced by the natural behaviour of the groundwater (figure 29, 30).

The soil reaction varied between  $\text{pH-KCl} = 3,8-7,9$  ( $\text{pH-H}_2\text{O} = 4,8-8,0$ ). Optimum growth was found at  $\text{pH-KCl} 6-7$ . To some degree the relation between crop growth and pH seemed to depend upon the moisture supply and the phosphate status of the soil (figures 35,36). The somewhat unfavourable effect of a low pH in fields that were also low in phosphate may be caused by the phosphate fixation by iron that occurs at low pH-values.

A distinct influence on the crop had to be attributed to the phosphate status of the soil. Optimum growth was found at  $\text{P-getal} = 7$  (mgr. P per 100 gram of soil, soluble in hot water, figure 38) and at  $\text{P-citr} = 55$  (P soluble in 1% citric acid, figure 39).  $\text{P-Al}$ , the present current determination of phosphate soluble in ammonium-lactate, should then amount to 45. At high pH, possibly as a consequence of decreased phosphate fixation, somewhat lower P-values were found to be adequate (figures 44, 45). An amelioration in the phosphate status of the area over a 17 years period was calculated with data taken from VISSER (48, table 4).

The relationship between the nitrate content of the soil and the crop vigour (figure 47) reflects the strawberry growers' habit of applying top dressings to poorly growing crops in the summer. An effect of excess nitrogen is out of question here. The relation with the potassium content (figure 48) shows that only a few fields were too low in potassium. The liberal use of farmyard manure prevents nitrogen, potassium and magnesium deficiency.

Variations in the humus content are mainly caused by differences in hydrological conditions. Wet soils e.g. show high percentages (3–4%) of humus. The true influence of the humuscontent could therefore not be examined.

## Literatuur

- 1 ANONYMUS 1949 Bevloeiing van tuinbouwbedrijven in Kennemerland. Voorlichtingsblad van de proeftuin 'H.U.V.' te Sloten en de proeftuin 'D.v.H.' te Heemskerk no. 67
- 2 ANONYMUS 1952 Enkele opmerkingen over de bevloeiing in Kennemerland. Voorlichtingsblad van de proeftuin 'H.U.V.' te Sloten en de proeftuin 'D.v.H.' te Heemskerk no. 100
- 3 ANONYMUS 1946- Proeftuin 'de Duinstreek van Holland' te Heemskerk,  
1957 Jaarverslagen 1946-1957
- 4 ANONYMUS 1962 Landelijke adviesbasis voor de bemesting in de tuinbouw in de volle grond. Rijkstuinbouwconsulentschap voor Bodemaangelegenheden, gestencild rapport, januari 1962
- 5 BIERHUIZEN, J. F. en 1958 Wortelgroei en Waterhuishouding *Meded. Dir. Tuinb.* 21: 484-490  
C. PLOEGMAN
- 6 BLOEMEN, G. W. 1951 Twee aspecten van de grondwaterdiepte. *Maandbl. Landb. Voorl. Dienst* 8: 387-390
- 7 BOON, J. van der 1960 Bemesting met kunstmest en grondonderzoek in de opengronds fruit en groenteteelt II. *Meded. Dir. Tuinb.* 23: 384-388
- 8 BOON, J. van der 1962 Bemesting van aardbei en kleinfruit met stikstof. *Stikstof* 35-36: 521-535
- 9 BORGMAN, H. H. 1953 Samenvatting en resultaten in de jaren 1949 tot en met 1952 Bruchem, Centraal bemestingsproefveld voor de aardbeienteelt
- 10 BOSSE, G. 1959 Der Einfluss des Pflanztermins auf die Wurzelentwicklung der Erdbeere. *Der Erwerbsobstbau* 1,2: 34-36
- 11 BOULD, C. 1960 Manurial experiments with fruit: II A factorial NPK experiment with strawberry, var. Royal Sovereign. *An. Rep. Long Ashton agric. hort. Res. Stat. for 1958, 1959*: 82-87
- 12 BOULD, C. and 1954 Manurial experiments with fruit: I The effect of long-term  
E. CATLOW manurial treatments on soil fertility and on the growth, yield and leaf nutrient status of strawberry, var. Climax. *J. hort. Sci.*, 29: 203-219
- 13 BÜNEMANN, C. und 1961 Nährstoffversorgung und Fruchtqualität bei Erdbeeren.  
W. GRUPPE *Dtsch. Garten B. wirt.* 9: 144-145
- 14 BUTIJN, J. 1958 De betekenis van bewortelingsopnamen in de fruitteelt. *Meded. Dir. Tuinb.* 21: 622-631
- 15 CORNFIELD, A. H. 1954 The phosphate status of garden soils in relation to soil-pH. *Plant and soil* 5,3: 243-245
- 16 DELVER, P. en L. C. 1953 Het bekalkingsvraagstuk in Kennemerland. *Meded. Dir. Tuinb.* 16: 779-796  
STRUYS
- 17 DENNISON, R. A. and 1957 Influence of nitrogen, phosphorus, potash and lime on the  
C. B. HALL growth and yield of strawberries. *Proc. Fla. St. Hort. Soc.* 69: 224-228

- 18 FERRARI, Th. J. 1952 Een onderzoek over de stroomruggonden van de Bommelerwaard. Diss. Wageningen. Versl. Landbk. Onderz. 85.1
- 19 FERRARI, Th. J. 1961 Vergelijking tussen proeven met en zonder ingreep, *Landbk. T.* 72: 792-801
- 20 GOEDEWAAGEN, M. A. J. 1952 Grondwaterstand en beworteling van gewassen. Versl. Techn. Bijeenk. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O.: 65-82
- 21 HARRIS, H. V. 1935 The Verticillium wilt of hops. East Malling Res. St. An. Rep.: 158-162
- 22 HUNTER, J. G. 1949 Raspberry and strawberry nutrition. *Growers Dig. I*: 51-65
- 23 KIESER, M. E.; A. POLIARD and C. F. TIMBERLAKE 1953 Factors affecting the quality and chemical constituents of strawberries: effects of manurial treatments. An. Rep. Long Ashton agric. hort. Res. Stat. for 1952, 1953: 163-177
- 24 KIRKPATRICK, J. D., W. F. MAI; E. G. FISHER and K. G. PARKER 1959 Population levels of *Pratylenchus penetrans* and *Xiphinema americanum* in relation to potassium fertilisation of Montmorency sour cherries on Mazzard rootstock. *Phytopathology*, 49: 543
- 25 KLINKENBERG, C. H. 1955 Schadelijke aaltjes in aardbeien. *Meded. Dir. Tuinb.* 18: 461-462
- 26 KLOES, L. J. J. VAN DER e.a. 1961 Beworteling van aardbeien op zandgrond. *Meded. Dir. Tuinb.* 24: 108-117
- 27 KRONENBERG, H. G. e.a. 1949 De aardbei. Tjeenk Willink - Zwolle
- 28 LONG, J. H. 1949 The use of certain nutrient elements at the time of flower formation in the strawberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 37: 553-556
- 29 MANN, C. E. T. 1930 Studies in the root and shoot growth of the strawberry. V The origin, development and function of the roots of the cultivated strawberry (*Fragaria Virginia X Chilensis*). *Annals of Botany*, vol. 44
- 30 MELNEKE, C. A. R. 1958 Resultaten van twee grondontsmettingsproeven in aardbeien Grondontsmetting of cultuurmaatregelen tegen wortelaaltjes in aardbeien. *Meded. Landb. Hogesch. Gent*, 23: 636-645
- 31 MOUNTAIN, W. B. and H. R. BOYCE 1958 The peach replant problem in Ontario. V The relation of parasite nematodes to regional differences in severity of peach replant failure *Canad. J. Bot.* 36: 125-134
- 32 MUYEN, J. C. 1956 Enkele opbrengstgegevens van aardbeien in Kennemerland. *Groenten en Fruit*, 11, 31: 808
- 33 NELSON, PAUL E. and W. STEPHEN 1957 Some anatomic aspects of the strawberry root *Hilgardia*, 26: 631-642
- 34 NERI, M. 1960 Osservazioni sull'epoca de piantagione del fragolone. *Frutticoltura*, 22: 261-262
- 35 OOSTENBRINK, M. 1959 Der Transport von *Pratylenchus penetrans* (Nematoda) mit Pflanzgut. *Zeits. Pflanzenkrankh.* 64: 484-490
- 36 PAAUW, F. VAN DER 1950 Invloed van de kalktoestand op de beschikbaarheid van fosfaat op zandgrond. Versl. Landbk. Onderz. 56. 8.
- 37 PARKER, K. G. and W. F. MAI 1956 Damage to tree fruits in New York by root lesion nematodes. *Plant Dis. Reprt.* 40: 694-699
- 38 PRUMMEL, J. 1954 Een fosfaatbemestingsproef op een sterk fosfaatfixerende rodoorgrond. *Landbouwk. Tijdschr.* 66: 468-475
- 39 ROM, R. C. and M. N. DANA 1960 Strawberry root growth studies in fine sandy soil. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 75: 367-372

- 40 ROO, H. C. DE 1953 De bodemgesteldheid van Noord-Kennemerland. Diss. Wageningen. De bodemkartering van Nederland deel XIV. Versl. Landbk. Onderz. 59. 3
- 41 ROORDA VAN EYSINGA, J. P. N. L. 1961 Beoordeling van de fosfaattoestand van diluviale zandgrond voor de teelt van kropsla in het voorjaar onder glas. Versl. Landbk. Onderz. 67.6
- 42 STRONG, W. J. 1948 The strawberry in Ontario. Ontario Dept. Agric. Bull. 458
- 43 TALBOYS, P. W.; M. BENNETT and J. F. WILSON 1960 Tolerance to Verticillium wilt diseases in the strawberry. East Malling Res. Stat. An. Rep.: 94
- 44 TOWNSEND, J. L. and T. R. DAVIDSON 1960 Some weed hosts of *Pratylenchus penetrans* in Premier strawberry plantations. *Canad. J. Bot.* 38: 267-273
- 45 TRUOG, EMIL 1948 Lime in relation to availability of plant nutrients. *Soil Sci.* 65,1: 1-7
- 46 UVEN, M. J. VAN 1946 Mathematical treatment of the results of agricultural and other experiments. Noordhoff, Groningen
- 47 VISSER, W. C. 1948 De eisen van aardbeien ten aanzien van de diepte van het grondwater. *Meded. Dir. Tuinb.* 11: 351-355
- 48 VISSER, W. C. 1950 Agrohydrologische studies betreffende geestgrond. Versl. Landbk. Onderz. 56.9
- 49 VISSER, W. C. 1952 Waterhuishoudkundige kartering ten dienste van de landbouw. Versl. Techn. Bijeenk. Comm. Hydrol. Onderz. T.N.O. 110-126
- 50 VOTH, VICTOR; E. L. PROEBSTING SR. and R. S. BRINGHURST 1961 Responce of strawberries to nitrogen in Southern California. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 78: 270-274
- 51 VRIES, O. DE en J. F. A. DECHERING 1948 Grondonderzoek. Beschrijving en toelichting bij het grondonderzoek zoals dat in het bedrijfslaboratorium verricht wordt. Groningen, 3e druk
- 52 WILD, ALAN 1950 The retention of phosphate by soil. A review *J. Soil Sci.* 1: 221-238



## Glossary for figures

aantal perc.	number of fields
afgeleid produktie-niveau in kg/are	deduced production level in kg/are
Ca-extr.	Ca soluble in Morgan's solution
diepte beneden m.v.	depth below surface
diepste gws	deepest groundwater level
dpm	ppm
droge grond	(oven-) dry soil
Fe-MV	Fe soluble in Morgan's solution
gecor. stand	corrected vigour (marks)
gem. grondwater-diepte	average groundwater table
grondontsmetting	soil sterilisation
gws	groundwater level
hoogte boven N.A.P.	height above the Amsterdam ordnance datum
hoogte maaiveid boven N.A.P.	height of the surface above the Amsterdam ordnance datum
K in extract	K soluble in Morgan's solution
laag	layer
mos	moss
muur	<i>Stellaria media</i>
mv	surface
neerslag	precipitation
niet ontsmet	non-sterilized
No peilbuis of welput	number of gauge or well
ontsmet	sterilized
P-citr.	P-citric-acid value (extraction with 1% citric acid, soil solution ratio 1 : 10) in mg $P_2O_5$ /100 g air-dry soil
P-getal	P-water (extraction ratio soil-water 1 : 10, at 50°C) in mg $P_2O_5$ /100 g air-dry soil
pH- $H_2O$	pH-water (soil-solution ratio 1 : 10)
pH-KCl	pH in 1 n KCl-solution (soil-solution ratio 1 : 10)
P-MV extr.	P soluble in Morgan's solution
rgs-maat	relative fluctuation of the groundwater table

roest  
spurrie  
stand  
zomer-grwst  
zuring  
zwart wortelrot

(gley-)rust  
*Spergula arvensis*  
vigour (marks)  
summer groundwater table  
*Rumex acetosa* L  
black rootrot